GREGG M. SINCLAIR LIBRARY
UNIVERSITY OF HAWAII

EXPERIENTIA

MONATSSCHRIFT FÜR DAS GESAMTE GEBIET DER NATURWISSENSCHAFT
REVUE MENSUELLE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES
RIVISTA MENSILE DI SCIENZE PURE E APPLICATE
MONTHLY JOURNAL OF PURE AND APPLIED SCIENCE

Herausgeber:
A. v. MURALT · L. RUZICKA · J. WEIGLE
Bern Zürich Genève
Redaktion: P.-D. Dr. H. Mislin, Basel

VERLAG BIRKHÄUSER AG., BASEL 10 – SCHWEIZ – SUISSE – SVIZZERA – SWITZERLAND
Telephon: Basel Nr. 4 98 00 - Telegr.-Adr.: Edita Basel

Vol. I - Nr. 2 15. Mai 1945 Fr. 2.—

INHALT - SOMMAIRE - SOMMARIO - CONTENTS

E. C. G. STUECKELBERG: L'état actuel de la théorie des particules élémentaires et des quanta 33
E. v. d. PAHLEN: Moderne Kosmogonie 36
R. MATTHEY: L'évolution de la formule chromosomiale chez les vertébrés 50

Vorläufige Mitteilungen - Communications provisoires - Comunicati provvisori - Brief reports

P. FINSLER: Über die Wahrscheinlichkeit seltener Erscheinungen 56
R. FUETER: Über die Quaternionenmultiplikation regulärer vierfachperiodischer Funktionen 57
R. MEIER und M. ALLGÖWER: Zur Charakterisierung zellteilungswirksamer Substanzen an der Gewebekultur 57
E. BERGER und St. BRZEZINSKI: Die Inaktivierung des Fleckfiebervirus mittels Organextrakten 61
S. WEIDMANN: Über eine vierte Aktionssubstanz des Nerven 61
S. WEIDMANN und F. WYSS: Gleichzeitiger Nachweis der 4. Aktionssubstanz mit dem Polarographen und am Froschherzen 62
W. HADORN: Ergebnisse der Behandlung der Hyperthyreose mit Thiouracil 63
V. PRELOG und H. C. BEYERMANN: Nachweis eines androgenen Wirkstoffes im Hypophysenvorderlappen 64

Bücherbesprechungen - Compte-rendu des publications - Resoconti delle pubblicazioni - Reviews

«Proteins, Amino Acids and Peptides». Von Edwin J. Cohn und John T. Edsall, unter Mitarbeit von John G. Kirkwood, Hans Mueller, J. L. Oncley und George Scatchard. American Chemical Society Monograph Series. Reinhold Publishing Corporation. New York 1943. (Ref. A. v. Muralt) 65
«What is Life?» Von E. Schrödinger, Cambridge, University Press 1944. (Ref. A. v. Muralt) 65

Informationen - Informations - Informazioni - Informations

Experientia vor (200) Jahren - Die Schweizerische Akademie der medizinischen Wissenschaften - Stiftung für biologisch-medizinische Stipendien - Corrigenda . . . 66/68

Die «Experientia» stellt sich die Aufgabe:

1. durch *zusammenfassende Originalartikel* in einer der wissenschaftlichen Hauptsprachen von Autoren aus verschiedenen Ländern über Forschungsergebnisse berichten zu lassen, die im Vordergrund des Interesses stehen;

2. kurze *vorläufige Mitteilungen* aufzunehmen;

3. durch Besprechung neuerschienener *Bücher*, durch Referate über *Kongresse* und *Versammlungen* sowie durch andere Mitteilungen über die bedeutendsten Ereignisse des naturwissenschaftlichen Lebens zu informieren.

«Experientia» si pone come compito di portare:

1. *articoli originali riassuntivi*, in una delle principali lingue usate dalla scienza, ad opera di autori di diversi paesi, su risultati scientifici di grande interesse;

2. *brevi comunicazioni provvisorie;*

3. *recensioni di nuovi libri, relazioni di congressi e riunioni*, come pure altre comunicazioni su importanti avvenimenti sul campo delle scienze naturali.

«Experientia»

1. publiera des *articles originaux* écrits dans une des langues principales sur les recherches scientifiques récentes;

2. publiera de *brèves communications;*

3. informera ses lecteurs des événements marquants de la vie scientifique, donnera des *comptes rendus concernant les récentes publications, les congrès et les assemblées.*

The aim of « Experientia » is:

1) to publish comprehensive articles embodying the results of recent scientific research. These will be written in one of the principal scientific languages and contributed by authors in various contries.

2) to publish *brief reports.*

3) to give information about the most important events in natural science by means of *reviews of the latest books, reports on congresses and meetings*, as well as through other communications.

EXPER.

Die «Experientia» erscheint am 15. jeden Monats und kann im In- und Auslande durch jede Buchhandlung oder direkt beim unterzeichneten Verlag bezogen werden. Der Preis einer Einzelnummer beträgt Fr. 2.—. Bei direkter Zustellung durch den Verlag kostet das Jahresabonnement Fr. 20.—. Beim Versand ins Ausland erfolgt Zuschlag der Portokosten. Preise in Schweizerwährung.

Alle Zuschriften an die Redaktion der «Experientia» sind ausschließlich an den unterzeichneten Verlag zu richten.

Redaktionsschluß 25 Tage vor Erscheinungstermin, d. h. am 20. des Monats für den folgenden Monat.

Die Autoren erhalten für ihre Beiträge ein Honorar und auf Wunsch 100 Gratisseparatabzüge im Format 14,5 × 21 cm ohne Umschlag. Die Kosten für weitere Sonderdrucke und für Umschläge sind beim Verlag zu erfragen. Separatabzüge sind *vor* dem Druck der Zeitschrift zu bestellen.

Preise für Inland-Anzeigen: 1/1 Seite Fr. 200.—, ½ Seite Fr. 120.—, ¼ Seite Fr. 70.—; für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. Inseraten-Annahme: *Senger-Annoncen*, Zürich 2, Gotthardstraße 61, Tel. 25 22 02; Basel: Tel. 3 74 92.

Die «Experientia» wird in der Schweiz gedruckt.

Verlag Birkhäuser AG., Basel 10 (Schweiz), Elisabethenstraße 15, Tel. 4 98 00, Telegramm-Adresse: Edita Basel

---

L'« Experientia » paraît le 15 de chaque mois. Vente et abonnement dans toutes les librairies suisses et étrangères, ou directement chez l'éditeur. Prix du numéro frs 2.—. Abonnement pour un an, chez l'éditeur, frs 20.—; pour l'étranger port en sus. Ces prix s'entendent en francs suisses.

Adresser toute correspondance touchant la rédaction de l'« Experientia » exclusivement à l'éditeur soussigné.

Dernier délai d'admission pour les manuscrits: 25 jours avant la parution, c'est-à-dire le 20 du mois pour le numéro du mois suivant.

Il sera versé des honoraires aux auteurs pour leurs communications, et ils recevront gratuitement, s'il le désirent, 100 tisés à part de format 14,5 sur 21 cm., sans couverture. Pour le prix d'un nombre plus grand et pour la couverture, s'adresser à l'éditeur. Les tirages à part doivent être commandés *avant* l'impression du périodique.

Prix pour les annonces, en Suisse: 1/1 page frs 200.—, ½ page frs 120.—, ¼ page frs. 70.—. Placements spéciaux: prix sur demande. Annonces: *Senger-Annoncen*, Zürich 2, Gotthardstrasse 61; tél. 25 22 02; Bâle: tél. 3 74 92.

L'« Experientia » est imprimée en Suisse.

Editions Birkhäuser S.A., Bâle 10 (Suisse), Elisabethenstrasse 15; tél. 4 98 00; adresse télégraphique: Edita Basel.

« Experientia » esce al 15 di ogni mese e può esser richiesta a ogni libreria svizzera o estera, o anche direttamente alla Casa editrice sotto indicata. Il prezzo del singolo fascicolo è di fr. 2.—. L'abbonamento annuale, fatto presso la casa editrice, è di fr. 20.—. Per la spedizione all'estero vi è l'aggiunta delle spese di porto. I prezzi in divisa svizzera. Tutti gli invii alla redazione di « Experientia » sono da dirigere esclusivamente alla sottoscritta Casa editrice.

La redazione del numero si chiude 25 giorni prima del termine di uscita, cioè al 20 del mese, per il mese seguente.

Gli autori ricevono per i loro contributi un onorario e, su desiderio, 100 estratti nel formato 14,5 × 21 cm., senza copertina. Il costo di estratti in più e della copertina viene indicato, su richiesta, dalla Casa editrice. Gli estratti vanno ordinati prima della stampa della Rivista.

Prezzi per annunci dalla Svizzera: 1/1 pag. fr. 200.—, ½ pag. fr. 120.—, ¼ pag. fr. 70.—; per pagine speciali, accordi da stabilire. Gli annunci sono da dirigere a *Senger-Annoncen*, Zurigo 2, Gotthardstrasse 61; Tel. 25 22 02; Basilea: Tel. 3 74 92.

« Experientia » si stampa in Isvizzera.

Casa editrice Birkhäuser AG., Basilea 10 (Svizzera), Elisabethenstrasse 15; Tel. 4 98 00; Indirizzo Telegrammi: Edita Basilea.

« Experientia » is published on the 15th of every month and can be obtained in any country through any book-store or direct from the undersigned publishers. The price of the individual number is frs. 2.—. By annual subscription direct from the publishers by inland post fr. 20.—. For dispatch to foreign countries an additional postage charge is made. Prices are in Swiss currency.

All communications to the editors of « Experientia » should be addressed to the undersigned publishers.

Editorial closure 25 days before the publishing date, *i.e.* on the 20th of the preceding month.

The authors receive for their contributions a fee and on demand, free of charge, 100 reprints 14,5 × 21 cm. without cover. For the prices of further separate impressions and covers, inquiries should be addressed to the publishers. Separate impressions must be ordered before the printing of the publication.

Prices for inland-advertising: 1/1 page frs. 200.—, ½ page fr. 120.—, ¼ page frs. 70. —. Advertisement receiving offices: *Senger-Annoncen*, Zürich 2, Gotthardstrasse 61; Tel. 25 22 02; Basle: Tel. 3 74 92.

« Eperientia » is printed in Switzerland.

Published by Birkhäuser AG., Basle 10 (Switzerland), Elisabethenstrasse 15; Tel. 4 98 00; Telegrams: Edita Basle.

Printed in Switzerland / E. Birkhäuser & Cie. Basel

EXPERIENTIA

Vol. 1 - Nr. 2 Pag. 33–68 15. Mai 1945

L'état actuel de la théorie des particules élémentaires et des quanta

Par E. C. G. STUECKELBERG

§ 1. La théorie de l'électron de H. A. Lorentz et la signification des termes «quantum» et «particule élémentaire».

On sait que, lorsqu'on veut décrire le mouvement du corps le plus élémentaire (l'électron)[1], on se trouve placé devant des difficultés que LORENTZ a essayé de résoudre en donnant à l'électron une étendue finie. Mais, evidemment, on doit s'attendre à une mécanique relativement compliquée, puisque le champ électromagnétique de l'électron (champ propre $\vec{E}^{(\mathrm{ret})}$) agit sur l'électron même. En plus de ces complications, une vraie difficulté se présente, si l'on essaie d'adapter cet électron de LORENTZ, rigide et étendu, aux exigences de la théorie de relativité. En effet, le seul corps élémentaire que la relativité admette est le point matériel, c'est-à-dire un électron à «étendue nulle». Mais l'action du champ propre d'un tel électron ponctuel sur lui-même donne lieu à une masse m infinie, ou à une énergie de repos $mc^2=\infty$. Cette difficulté a, comme nous le verrons plus loin, son analogue en théorie relativiste des quanta.

LORENTZ avait évité cette difficulté en disant: Comme la masse infinie provient de l'action d'une partie du champ $\vec{E}^{(\mathrm{ret})}$ de l'électron sur lui-même, négligeons donc l'action de cette partie de $\vec{E}^{(\mathrm{ret})}$. Cela revenait à dire qu'approximativement, l'électron occupait un volume fini dans l'espace, mais que ce volume était si petit qu'on pouvait le négliger dans la plupart des applications. Toutes ces idées et ces procédés vagues ont fait place aujourd'hui à une analyse précise de l'électron, où aucune approximation n'est plus nécessaire: On ne néglige plus rien, mais on base toute la théorie, dès son début, sur l'absence de ces termes de $\vec{E}^{(\mathrm{ret})}$, qui donnaient une masse infinie à l'électron ponctuel de LORENTZ.

Rappelons brièvement avec quelques détails la théorie de LORENTZ et essayons de passer à la limite de l'électron ponctuel:

Le champ électromagnétique $\vec{E}$ $(\vec{z})$ à l'endroit de l'électron $\vec{z}$ est la cause du mouvement accéléré de l'électron (augmenté par le champ des forces nucléaires dans le cas des autres particules). Ce champ est la résultante formée, d'une part du champ incident $\vec{E}^{(\mathrm{inc})}$, provenant des ondes électromagnétiques qui arrivent sur l'électron considéré, et d'autre part du champ propre $\vec{E}^{(\mathrm{ret})}$ émis par cet électron lui-même à une époque antérieure. Une partie de ce champ propre produit une force d'inertie $-m_{\mathrm{el}}\ddot{\vec{z}}$ (m_{el} = masse électromagnétique qui dépend du rayon de l'électron choisi, $\ddot{\vec{z}}$ = accélération). D'autres parties produisent des forces d'un autre genre. Parmi ces forces, citons la force de freinage $m\tau\dddot{\vec{z}}$ [1], où τ est une durée caractéristique de la particule. Pour un électron sans spin, elle est reliée à la masse totale m et à la charge électronique e (en unité Heaviside) par

$$\tau = \frac{2}{3}\,\frac{1}{4\pi}\,\frac{e^2}{mc^3} = 0{,}6\cdot 10^{-23}\ \mathrm{sec.}^{2}$$

Mais la théorie de relativité exige que toute particule élémentaire ait une distribution de charge rigoureusement ponctuelle. Passons donc à la limite faisant tendre le rayon de l'électron vers zéro tout en laissant sa charge constante. L'électrodynamique de Maxwell fournit, dans cette limite, une masse électromagnétique m_{el} infinie.

Mais d'autres électrodynamiques classiques (BORN-INFELD (1934), WENTZEL (1934), DIRAC (1938), STUECKELBERG (1939)) sont possibles. Elles donnent à m_{el} une valeur finie, qu'on peut considérer alors comme la masse entière de la particule. Pour des périodes très longues par rapport à τ, et pour des champs faibles par rapport à $e^2c^{-2}\tau^{-2}$, ces électrodynamiques se réduisent à celle de MAXWELL.

Une théorie moderne doit, non seulement satisfaire à la relativité, mais elle doit en plus pouvoir être quantifiée. En théorie des quanta, le problème semble d'abord être fort différent. En effet, la notion de particule élémentaire se confond avec celle d'un quantum d'énergie d'un champ. Les photons sont les quanta du champ vectoriel de MAXWELL (champ des photons), les électrons ceux du champ spinoriel de Dirac (champ des électrons), le champ des forces nucléaires donne lieu à des quanta, qui semblent correspondre à des particules observées dans les rayons cosmiques appelés les mésons, etc.

[1] Un corps élémentaire ou une particule élémentaire est un système mécanique qui a un nombre fini et relativement petit de degrés de liberté. Par exemple, un point de masse ou un corps rigide.

[1] $\dot{\vec{z}}$ est la vitesse, $\dddot{\vec{z}}$ le taux de variation de l'accélération.

[2] c = vitesse de la lumière.

Pour donner un exemple de cette double signification «quanta-particules», décrivons inversément, le champ des neutrons (champ dont les neutrons sont les quanta): C'est le champ de force entre un proton et un méson positif (analogue au champ de force électrique entre un proton et un électron, dont les photons sont les quanta). Cette force étant attractive, elle fait prévoir l'existence d'isobares du proton, particules composées d'un proton, et d'un ou plusieurs mésons positifs. Certaines expériences sur les collisions entre protons et neutrons, et en particulier le moment quadrupole du Deuteron, sont en effet souvent interprétées en termes de ces isobares du proton (fort instables) (cf. à ce sujet des travaux de WENTZEL (1940) à (1945), de WENTZEL et FIERZ (1944) et de leurs élèves).

§ 2. La mécanique fonctionnelle.

Essayons brièvement de décrire ce que sont les conséquences des nouvelles électrodynamiques classiques, dont nous avons parlé. Nous arriverons à la conception d'une mécanique fonctionnelle, qui permettra d'être traduite, sans aucune difficulté, dans le langage des quanta.

Considérons donc le problème simple, où un électron passe entre deux plaques chargées d'électricité (condensateur) qui produisent, dans chaque point $\vec{x}$, un champ $\vec{E}^{(\mathrm{inc})}(\vec{x})$ indépendant du temps t.

Avant d'entrer dans cet appareil, l'électron avait une position initiale $\vec{z}(-T)$ et une vitesse initiale $\dot{\vec{z}}(-T)$ observées (nous sommes en théorie non quantifiée) avec toute la précision voulue à l'époque initiale $t=-T$.

Cet électron décrit une trajectoire

$$\vec{z}(t)=\vec{F}\left(t+T;\ \vec{z}(-T),\ \dot{\vec{z}}(-T)\right) \tag{2}$$

donnant, à tout instant t (à $t+T$ après l'époque initiale $-T$), la position de la particule. L'ensemble des données initiales permises ($\vec{z}(-T)$ et $\dot{\vec{z}}(-T)$) détermine ainsi la famille de fonctions (2). On peut calculer, à partir de l'observation (2), $m\ddot{\vec{z}}\ (t)$ et l'on trouve, pour un mouvement lent, que cette quantité vaut la force $e\,\vec{E}^{(\mathrm{inc})}\left(\vec{z}\,(t)\right)$ et, par conséquent, l'équation de NEWTON:

$$m\ddot{\vec{z}}\,(t)=e\vec{E}^{(\mathrm{inc})}\left(\vec{z}\,(t)\right) \tag{3}$$

est vérifiée. La famille (2) doit donc être, dans cette limite du mouvement lent (caractérisé par $|\tau\dddot{\vec{z}}|\ll|\ddot{\vec{z}}|$), la solution générale ou l'intégrale générale de la loi différentielle (3). Mais, du moment où le rayonnement de l'électron devient important, le champ propre de l'électron $\vec{E}^{(\mathrm{ret})}$ fait sentir son influence, et les trajectoires ne satisfont plus à l'équation de NEWTON (3). Le calcul de $m\ddot{\vec{z}}$ à partir de l'expérience ne donne alors plus $e\,\vec{E}^{(\mathrm{inc})}$, mais les nouvelles électrodynamiques prédisent, dans certains cas, une relation différentielle de la forme:

$$m\ddot{\vec{z}}\,(t)=e\vec{E}^{(\mathrm{inc})}\left(\vec{z}\,(t)\right)+m\tau\dddot{\vec{z}} \tag{4}$$

+ des termes supplémentaires contenant en général des termes fonctionnels (non linéaires en $\vec{E}^{(\mathrm{inc})}$ et $\overset{(n)}{\vec{z}}$). Mais il serait erroné de croire que (4) est la loi différentielle dont la famille des trajectoires (2) est l'intégrale générale. Considérons, pour le montrer, l'électrodynamique de WENTZEL-DIRAC, dans laquelle les «termes supplémentaires» sont rigoureusement nuls (mais où le terme du freinage $m\tau\dddot{\vec{z}}$ subsiste).

L'intégrale générale de (4)

$$\vec{z}\,(t)=\vec{G}\left(t+T;\ \vec{z}\,(-T),\ \dot{\vec{z}}\,(-T),\ \vec{a}\right) \tag{5}$$

dépend évidemment, en plus des deux paramètres, position initiale $\vec{z}\,(-T)$ et vitesse initiale $\dot{\vec{z}}\,(-T)$, d'une troisième constante d'intégration $\vec{a}$ (les autres électrodynamiques font intervenir un nombre infini de constantes $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$, ...). On peut choisir, pour $\vec{a}$, par exemple l'accélération initiale $\vec{a}=\ddot{\vec{z}}\,(-T)$. La position initiale étant en dehors du condensateur, on est alors tenté de poser $\vec{a}=\ddot{\vec{z}}\,(-T)=0$. Mais il arrive que ces conditions initiales donnent lieu à une famille:

$$\vec{z}\,(t)=\vec{G}\left(t+T;\ \vec{z}\,(-T),\ \dot{\vec{z}}\,(-T),\ 0\right) \tag{6}$$

qui est toute différente de la famille (4). Car l'électron continuerait à s'accélérer continuellement, même en dehors du condensateur («mouvement hyperbolique» dans le monde de MINKOWSKI). Une famille, contenue dans (5) et tendant à la limite $\tau\to 0$ vers la famille (4), peut être obtenue, comme DIRAC l'a montré, par l'introduction d'une fonction particulière $\vec{a}=\vec{a}\left(\vec{z}\,(-T),\ \dot{\vec{z}}\,(-T)\right)$ pour l'accélération initiale. On voit bien ainsi (comme nous le disons plus haut), qu'il serait erroné de vouloir considérer comme loi mécanique les équations (4). Les électrodynamiques mentionnées ont été établies en se basant sur le *principe différentiel* de continuité pour la quantité de mouvement-énergie et pour le moment angulaire. Par contre les lois mécaniques, telles que nos trajectoires réelles nous les montrent, sont des intégrales (2). Nous demanderons donc qu'elles satisfassent au *principe intégral* de la conservation de la quantité de mouvement- énergie et du moment angulaire.

Nous n'avons écrit en (2) que la trajectoire de l'électron. Pour le champ électrique $\vec{E}$ (résultante du champ du condensateur $\vec{E}^{(\mathrm{inc})}$ et du champ retardé $\vec{E}^{(\mathrm{ret})}$ émis par l'électron accéléré) une formule intégrale, analogue à (2) doit exister:

$$\vec{E}\,(\vec{x},\,t)=\vec{\mathfrak{F}}\left(t+T,\ \vec{x};\ \vec{z}\,(-T),\ \dot{\vec{z}}\,(-T),\ \vec{E}^{(\mathrm{inc})}\right) \tag{2a}$$

Ce n'est en effet que par l'étude de ce champ résultant que nous «voyons» (avec toute la précision voulue) la

ajectoire discutée. Cette étude du champ émis se it toujours à des distances $|\vec{x}-\vec{z}|$ très grandes par pport à $c\tau$. ($c\tau = 1{,}8\times10^{-13}$ cm. est le «rayon» de lectron «ponctuel»). Or, à ces grandes distances, xpérience nous montre que, non seulement les di- itions $\dot{\vec{B}} = -\operatorname{rot}\vec{E}$ et $\operatorname{div}\vec{B}=0$, mais aussi les équa- ns homogènes de MAXWELL:

$$\operatorname{div}\vec{E}=0 \qquad \dot{\vec{E}} - c\operatorname{rot}\vec{B}=0$$

nt valables. Les électrodynamiques nouvelles per- ettent, dans certains cas, aux environs de l'électron, s développements:

$$\vec{E}(\vec{x},t)=\varrho\left(\vec{x}-\vec{z}(t),\ \dot{\vec{z}}(t),\ \ddot{\vec{z}}(t),\ldots\ \vec{E},\vec{B},\dot{\vec{E}},\ldots\right)$$

$$-c\operatorname{rot}\vec{B}=\vec{J}\left(\vec{x}-\vec{z}(t),\ \ldots\ldots\ldots\ldots,\dot{\vec{E}},\ldots\right) \quad (4a)$$

ous avons marqué par des ..... que ϱ et $\vec{J}$ dépen- nt d'une façon très compliquée de $\vec{E}$, $\vec{B}$, c'est-à-dire leur rot, div et de leurs dérivées spatiales supé- ures. Le champ $\vec{E}(x,t)$ à grande distance, observé us forme de la fonction intégrale (2a) n'est ainsi s non plus la solution générale de l'équation aux dé- ées partielles d'ordre très élevé (4a).

Il s'agit donc de trouver le procédé qui permet tablir la fonction $\vec{F}$ en (2) et la fonctionelle $\vec{\mathfrak{F}}$ en (2a) ns se servir des lois différentielles (4) et (4a). Cette canique fonctionnelle doit, à la limite $\tau\to0$, don- r la famille de solutions caractérisée par la mécani- e de NEWTON (3) et la théorie de MAXWELL (4a) avec t $\vec{J}$ = densités de charge et de courant d'une charge nctuelle e. On peut exprimer cette condition limite r un principe de correspondance spatio-temporel $\frac{c\tau}{\Delta x}\to0$ ou $\lim\frac{\tau}{\Delta t}\to0$, valable pour des inter- lles spatiaux Δx ou temporels Δt grands. Ce prin- e est, dans une certaine mesure, l'analogue du prin- e de correspondance impulso-énergétique $\lim\frac{h\,k}{\Delta P}$ 0 ou $\lim\frac{h\,\omega}{\Delta H}\to0$, valable pour des changements mpulsion ΔP ou d'énergie ΔH grands[1]. Nous avons bli autre part (IV) les lois de cette mécanique. es ont montré qu'en vertu du principe de conser- tion, on peut exprimer la famille des trajectoires) et des évolutions du champ $\vec{E}(\vec{x},t)$ par des trans- mations canoniques finies. Dans le cas des trajec- res, elles transforment en (1) les variables $\vec{z}(-T)$ $\dot{\vec{z}}(-T)$ en $\vec{z}(t)$ et $\dot{\vec{z}}(t)$, et dépendent du paramètre T représentant l'intervalle fini. Ce groupe de trans- mations est la généralisation naturelle du groupe de nsformations canoniques infinitésimales, de la mé- nique rationnelle, qui transforme, à tout instant t, valeurs $\vec{z}(t)$ et $\dot{\vec{z}}(t)$ en $\vec{z}(t+dt)=\vec{z}(t)+dt\,\dot{\vec{z}}(t)$ et $\dot{\vec{z}}(t+dt)=\ldots$. Ces lois infinitésimales (2) sont indépendantes de l'époque t et elles sont fonctions linéaires de l'intervalle infinitésimal dt.

La transcription de la mécanique fonctionnelle en théorie des quanta nous fournira la théorie recherchée plus haut, à laquelle nous demandions de décrire l'interaction entre les différents champs quantifiés d'une manière invariante et sans contradiction. Cette transcription s'impose maintenant d'une manière tout aussi naturelle que celle utilisée autrefois pour faire correspondre à un problème de NEWTON (3) une équation de SCHRÖDINGER

$$\dot{\Psi}(t)=-\frac{i}{h}H\,\Psi(t) \qquad (6)$$

La transformation (6) est une transformation infinitésimale unitaire (laissant invariante la normalisation de la fonctionnelle Ψ de SCHRÖDINGER). Il est alors évident qu'une transformation finie, caractérisée par un opérateur unitaire S (alors que H était hermitien)

$$\Psi(t)=S(t+T)\Psi(-T) \qquad (7)$$

est la généralisation de (6), qui correspond à la mécanique fonctionnelle. On s'aperçoit alors que la «théorie des grandeurs observables associées aux particules élémentaires», proposée par HEISENBERG (1943) à (1945) est contenue dans cette mécanique fonctionnelle quantifiée. HEISENBERG propose de caractériser, par le moyen d'une matrice S, unitaire et invariante, la fonction d'onde de SCHRÖDINGER Ψ dans l'espace de configuration pour des distances spatiales infinies[1]. On peut alors montrer que cette matrice S de HEISENBERG est identique à l'opérateur $S(2T)$ pour $t=T=\infty$ dans (7). L'identité entre ces deux grandeurs provient du fait que l'époque initiale $-T$ et l'époque finale $t=+T$ en (7) sont deux époques asymptotiques, où l'interaction entre les particules et quanta n'a pas encore commencé, ou alors où elle a définitivement cessé, tandis que, chez HEISENBERG, les configurations reliées par S sont des configurations asymptotiques où les particules entrant en collision sont si éloignées l'une de l'autre que leur comportement peut être décrit par une superposition d'ondes planes de SCHRÖDINGER.

Comme le faisait l'équation de SCHRÖDINGER (5), la transformation finie détermine des solutions stationnaires. Celles-ci correspondent, dans la limite $\tau\to0$, aux états stationnaires de SCHRÖDINGER pour deux particles liées l'une à l'autre par une force attractive (par exemple $e\,\vec{E}^{(\mathrm{inc})}$ en électrodynamique).

La mécanique quantique des transformation finies permet, en principe, de traiter, en plus des effets de premier ordre, tous les effets d'ordre supérieur (frei-

[1] Plus exactement, HEISENBERG décompose le $\Psi^{(o)}$ du problème sans collision (onde plane) en deux parties $\Psi^{(o)}=\Psi^{(o-)}+\Psi^{(o+)}$ correspondant à la décomposition en ondes sphériques incidente et émergente. Le vrai Ψ, pour des distances infinies, est alors $\Psi=\Psi^{(o-)}+S\,\Psi^{(o+)}$.

$2\pi h = 6{,}6\times10^{-27}$ erg sec est la constante de PLANCK. t ω sont le vecteur et la fréquence (pulsation) d'une onde.

nage de radiation, production des gerbes). Les contradictions de l'ancienne théorie des quanta interdisaient ces calculs.

Les méthodes employées par Heitler, Peng et Gora (1942) à (1945) correspondent aux résultats obtenus par un choix particulier d'électrodynamique fonctionnelle (resp. de «meso» dynamique) (Bouvier et Stueckelberg (1944)).

§ 3. La signification du principe de correspondance spatio-temporel

Ajoutons enfin quelques réflexions destinées à faire comprendre le principe de correspondance spatio-temporel: Le principe de correspondance impulso-énergétique avait obligé le physicien à penser en images abstraites. La position et l'impulsion d'une particule n'avaient plus de sens précis (principe d'incertitude de Heisenberg). Une abstraction du même genre, mais sur un plan tout à fait différent, est exigée aujourd'hui pour pouvoir penser en mécanique fonctionnelle. Nous avons décrit ci-dessus le problème, dans lequel un électron entrait dans un condensateur $\vec{E}^{(\mathrm{inc})}$ et nous parlions à tout instant de la posibilité de voir l'évolution de ce phénomène. Or, par «voir», on comprend l'analyse très approfondie de $\vec{E}(\vec{x}, t)$ à une distance $|\vec{x}-\vec{z}| \geqslant c\tau$. Cette analyse rend possible la détermination, à tout instant t, de la distribution ϱ et $\vec{J}$ de charge et courant libres. Ils sont définis comme les inhomogénéités des équations (4a). Or, on peut montrer que, pour toute électrodynamique asymptotique, dont le $\vec{E}(\vec{x},t)$ à l'infini correspond à une source libre ponctuelle, on observera toujours que le point singulier $\vec{z}(t)$ ainsi calculé s'accélère à un instant $t=t_0'$, qui précède l'entrée à $t=t_0$ de ce point dans le condensateur.

Indépendamment de l'électrodynamique particulière choisie, la valeur minimale de la différence t_0-t_0' est toujours $\geqslant 2\tau$. Cette «prémonition de l'électron» (anthropomorphisme qui identifie le «point vu» avec l'«endroit de l'électron») a été introduite par Dirac (1938).

Comme certains auteurs (Bopp (1944)) essayent de trouver des théories dans lesquelles cette prémonition serait absente, il nous semble utile d'indiquer les raisons montrant que toute tentative semblable est vouée à un échec.

Le paramètre τ est un invariant caractérisant l'interaction entre particule et champ électromagnétique. Il s'introduit automatiquement dans le formalisme différentiel, en vertu du principe de conservation d'énergie, pour autant qu'un tel formalisme différentiel correspondant existe[1]. Ce n'est que dans ce formalisme différentiel qu'il donne lieu à cette prémonition. Le paradoxe de cette prémonition est ainsi purement une affaire de langage: Si l'on veut, à tout prix, énoncer la théorie dans le langage d'équations différentielles ((4) et (4a)) pour une particule ponctuelle ayant à chaque instant t un endroit $\vec{z}(t)$, on doit attribuer à ces particules une prémonition s'étendant sur 2τ. — Mais, si l'on renonce à donner un sens précis (à $2c\tau \sim 3{,}6\times 10^{-13}$ cm. près) à la notion de l'endroit $\vec{z}$ d'une particule élémentaire, on choisit un autre langage ou $\Delta z \geqslant 2c\tau$ et $\Delta t \geqslant 2\tau$ jouent le rôle d'une incertitude spatio-temporelle dans l'espace-temps quadridimensionel physique, analogue à l'incertitude $\Delta z \Delta P \geqslant h$ et $\Delta t \Delta H \geqslant h$ impulso-énergétique dans l'espace-temps octodimensionel de phase.

Littérature

Bopp, Ann. d. Phys. *38*, 345 (1940); *43*, 573 (1943). — Bopp, sous presse (1944). — Bouvier et Stueckelberg, C. R. Soc. Phys. et Hist. Nat. Genève, *61*, 162 (1944). — Dirac, Proc. Roy. Soc. *167*, 198 (1938). — Heisenberg (1943) à (1945), Z. f. Phys. *120*, 513 et 673 et deux articles sous presse. — Landé et Thomas, Phys. Rev. *60*, 514, (1941). — Stueckelberg Nature, *144*, 118; *153*, 143 (1939) à (1945); Helv. Phys. Acta, *14*, 51 (réf. I); *16*, 427; *17*, 3 (réf. II); *18*, 21 (réf. III); *18*, sous presse (réf. IV). — Wentzel, Z. f. Phys. *86*, 479 et 635 (1934). — Wentzel, Helv. Physica Acta, *13*, 269 (1940) à (1945), et des articles suivants dans les Helv. Physica Acta. — Wentzel et Fierz, Helv. Physica Acta, *17*, 215 (1944).

[1] Ce qui est nullement nécessaire en mécanique fonctionnelle (cf. IV).

Moderne Kosmogonie

Von E. v. d. Pahlen

Von den zahlreichen Ästen, die der uralte Stamm der astronomischen Wissenschaft im Laufe seiner vielhundertjährigen Entwicklung getrieben hat, ist die Kosmogonie heute zweifellos der schmächtigste und der am stärksten zurückgebliebene; und dies hängt keineswegs mit einem Mangel an Interesse für die Fragen des Werdens und Vergehens der Himmelskörper oder des gesamten Weltalls zusammen, die ganz im Gegenteil stets das brennendste Interesse weitester Fach- und Laienkreise auf sich gefesselt haben, sondern mit den gerade diesem Gebiete der astronomischen Forschung eigentümlichen, besonders großen Schwierigkeiten, die uns die Erlangung eines einigermaßen sicheren Wissens auf ihm beinahe unmöglich machen. Das Bild, welches das Universum dem kurzlebigen menschlichen Beobachter bietet, ist weit-

ehend ein statisches, und wenn auch die zahlreichen
n ihm wahrzunehmenden Veränderungen von jeher
ie besondere Aufmerksamkeit der Sternkundigen auf
ich gelenkt haben, so mußte doch schon sehr früh er-
annt werden, daß die Bewegungen der Gestirne, und
ogar die in ihnen beobachtbaren physikalischen Ver-
nderungen, einen überwiegend periodischen Charak-
er tragen, mithin die Welt immer wieder in einen
ustand zurückführen, in dem sie sich bereits zu einer
rüheren Zeit befunden hat. Gerade dieser Tatsache
st es ohne Zweifel zu verdanken, daß der Begriff des
wigen und Unwandelbaren bis auf den heutigen Tag
och so untrennbar mit der Vorstellung vom gestirnten
Himmel verbunden geblieben ist. Die sich dem mensch-
chen Forschergeiste aufdrängende Frage nach der
ntstehung und dem zukünftigen Schicksal des Welt-
lls würde daher seitens der exakten Wissenschaft nie-
nals eine Antwort erhalten haben können, wenn es
icht durch ein außerordentlich mühsames und sorg-
ältiges Studium der einzelnen astronomischen Objekte
elungen wäre, unter diesen gewisse Sequenzen von
estalten zu ermitteln, die als zeitlich aufeinander-
olgende Erscheinungsformen eines und desselben Ge-
ildes gedeutet werden konnten, und dadurch das
mpirisch gegebene räumliche Nebeneinander in ein
eitliches Nacheinander, also in eine hypothetische
ntwicklungskette, zu verwandeln. Da diese Abläufe,
egen der riesigen von ihnen beanspruchten Zeit-
äume, niemals der direkten Beobachtung zugänglich
in werden, und auch ihre Reproduktion im Labo-
atoriumsmaßstabe, wegen der überwiegenden Rolle,
ie in ihnen den nur bei Wechselwirkungen von Massen
osmischer Ausmaße merklich in Erscheinung treten-
en Gravitationskräften zukommt, ausgeschlossen er-
heint, bleibt uns um den ursächlichen Zusammen-
ang zwischen den einzelnen Gliedern der erwähnten
ette zu vermitteln, eigentlich nur unser aus irdischer
rfahrung gewonnenes, höchst unzulängliches theore-
sches Wissen von den Eigenschaften der Materie als
Wegweiser übrig. Es ist begreiflich, daß sich unter die-
en Umständen unsere Vorstellungen über die Ent-
icklungsprozesse im Weltall noch auf einer sehr pri-
itiven Stufe bewegen, und weder auf große Klarheit
och auf Sicherheit einen Anspruch erheben dürfen.
m nachfolgenden soll der Versuch gemacht werden,
nen Überblick über ihren derzeitigen Stand zu geben.

Schon die antike Wissenschaft war von der Über-
eugung durchdrungen, daß die sich in den Himmels-
rscheinungen offenbarende Welt kein Chaos, sondern
n Kosmos, d. h. ein wohlgeordnetes, unter der Herr-
chaft einfacher, dem menschlichen Geiste verständ-
cher Gesetze stehendes harmonisches Ganze ist. Die
eantwortung der Frage nach der Entstehung dieser
armonie lag allerdings, bei den sehr mangelhaften
hysikalischen Kenntnissen des Altertums, ganz außer-
alb der Mittel der damaligen Wissenschaft, und wurde
aher in zum Teil höchst sinnreichen, jedoch wissen-
schaftlich wertlosen Legenden und Fabeln gesucht: die Kosmogonie des Altertums ist, bis auf ganz vereinzelte Erscheinungen, Mythologie. Dagegen schien die Frage nach dem gegenwärtigen Aufbau der Welt, die dann meistens als unveränderlich seit aller Ewigkeit bestehend, oder durch einen einmaligen Schöpfungsakt ins Dasein gerufen gedacht wurde, dem menschlichen Verstande zugänglicher zu sein, und so sehen wir seit den frühesten Zeiten, neben der noch im Keime liegenden Kosmogonie, eine reich entwickelte *Kosmologie* auftreten, die auch später die Entwicklung der astronomischen Wissenschaft stets begleitet hat, ja in gewissem Sinne die eigentliche Triebfeder dieser Entwicklung gewesen ist, und die nach einem vorübergehenden Tiefstande im nüchternen, jeder gewagten Spekulation abholden 19. Jahrhundert, zu unserer Zeit wieder in voller Blüte steht. Die Weltsysteme des Ptolemeus und des Kopernikus mit ihren idealen Kreisbewegungen, sowie der von Kepler unternommene Versuch, den Aufbau des Sonnensystems durch Zuordnung der Planeten den regulären Körpern der Geometrie zu erklären, die uns heute nur als mehr oder weniger glückliche Lösungsversuche eines astronomischen Teilproblems erscheinen, verfolgten zur Zeit ihrer Aufstellung kein geringeres Ziel, als die Aufdeckung der einfachen Prinzipien, die dem Aufbau des Weltalls seit aller Ewigkeit oder seit seiner Erschaffung zugrunde liegen, und sind in diesem Sinne als echte Kosmologien anzusprechen. Wir brauchten, bei der Schilderung der modernen kosmogonischen Bestrebungen, auf diese ihnen parallel laufenden kosmologischen Spekulationen keine weitere Rücksicht zu nehmen, wenn sich beide, dank einer vor etwa 20 Jahren bei der Erforschung des Systems der sogenannten Außergalaktischen Nebel gemachten astronomischen Entdeckung, in jüngster Zeit nicht in höchst eigentümlicher Weise miteinander verquickt hätten.

Die Geburt einer wissenschaftlichen Kosmogonie fällt in die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts, und war einerseits durch die zu dieser Zeit bereits erlangte, ziemlich weitgehende Kenntnis der verschiedenen am Himmel auftretenden Objekte, andererseits durch die Fortschritte der mathematischen Physik, welche die theoretische Verfolgung auch eines experimentell nicht reproduzierbaren physikalischen Prozesses ermöglichten, bedingt. Die «Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels» von KANT (1752), die eine Erklärung der Entstehung aller Himmelskörper aus dem ursprünglichen Chaos geben will, sowie das Kapitel der «Exposition du Système du Monde» von Laplace (etwa um 1800, abgedruckt als Note VII in seinen gesammelten Werken, 1835), das sich mit der Frage der Entstehung der Planeten und Satelliten aus einem ursprünglich rotierenden Gasballe beschäftigt, und die in späterer Zeit nicht ohne eine gewisse Willkür unter dem Namen der «Kant-Laplaceschen Theorie» zur kosmogonischen Theorie par excellence des 19. Jahr-

hunderts zusammengefaßt worden sind, bilden den Ausgangspunkt dieser neuen Entwicklung. Doch auch die kosmologischen Bestrebungen fanden um dieselbe Zeit eine ihrer berühmtesten Formulierungen in den von den Zeitgenossen mit größter Begeisterung aufgenommenen «Kosmologischen Briefen über die Einrichtung des Weltbaues» von Lambert (1761), die den Kosmos aus einer Reihe ineinandergeschachtelter und einander übergeordneter Systeme zu erklären versuchten, indem sie die vom Sonnensystem her gewonnene Erfahrung einfach auf das Weltall übertrugen und die Sonne als Planeten um eine noch größere Zentralsonne, letztere wieder um einen Zentralkörper noch höherer Ordnung usw. rotieren ließen. Von diesem fein ausgeklügelten System ist heute allerdings nichts mehr übriggeblieben, während die kosmogonischen Gedanken von Kant und Laplace sich immer noch in gewissen Beziehungen als lebensfähig und fruchtbar erweisen.

Der Begriff «Kosmogonie» kann in zwei verschiedenen Bedeutungen aufgefaßt werden: erstens als allgemeine Kosmogonie, die die Entstehung des gesamten physischen Weltalls zu erklären versucht, und zweitens als spezielle Kosmogonie, die eine theoretische Erklärung für die Entstehung und Verwandlung der einzelnen uns vom Himmel her bekannten Gebilde zu geben unternimmt. Es ist klar, daß die Probleme der letzteren Art viel leichter als das erstere einer wissenschaftlichen Behandlung zugänglich gemacht werden können, und sie haben denn auch in den seit Kant und Laplace verflossenen etwa zwei Jahrhunderten beinahe ausschließlich die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gelenkt. Unter dem Einfluß dieser Entwicklung hat auch die Bedeutung des Wortes Kosmogonie, das ja ursprünglich die Entstehung des ganzen Kosmos zu umfassen bestimmt war, eine weitgehende Wandlung erfahren, so daß wir heute jedes Problem, das sich auf die zeitliche Verwandlung irgendeines astronomischen Gebildes bezieht, als ein kosmogonisches bezeichnen. Nur in allerjüngster Zeit ist, in Verbindung mit der oben bereits erwähnten astronomischen Entdeckung, auch das Grundproblem der allgemeinen Kosmogonie, nämlich die Erklärung der Entstehung der Materie überhaupt, wieder in den Mittelpunkt des Interesses gerückt, weil sich, wie weiter unten noch ausgeführt werden soll, eine neue Möglichkeit eröffnet zu haben scheint, es von der astronomischen Seite anzupacken.

Um die derzeitige Lage der kosmogonischen Forschung zu charakterisieren, müssen wir einerseits die wichtigsten uns heute bekannten astronomischen Objekte, andererseits die uns zu ihrer Deutung zur Zeit zur Verfügung stehenden theoretischen Ergebnisse einer kurzen Durchmusterung unterziehen. Natürlich kann diese Durchmusterung hier nur in ganz gedrängter Form, unter Weglassung alles nicht absolut Wesentlichen, vorgenommen werden.

Unter weitgehender Schematisierung haben wir auf der empirischen Seite im wesentlichen drei Typen von Objekten:

1. die Galaxien,
2. die Sterne,
3. die Planeten.

1. Seitdem man in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts zu der endgültigen Erkenntnis gekommen ist, daß die sogenannten Außergalaktischen Nebel, zu denen auch die Spiralnebel gehören, fremde «Milchstraßen», d. h. riesige aus Sternen, Gasmassen und kosmischen Staubwolken bestehende Zusammenballungen der Materie darstellen, hat unsere eigene Milchstraße aufgehört, für uns ein einmaliges Phänomen zu sein und ihren richtigen Platz unter einer wahrscheinlich nach Millionen zählenden Kategorie von weitgehend gleichartigen Objekten, die wir heute mit dem Ausdrucke «Galaktische Systeme» oder «Galaxien» bezeichnen, eingenommen. Und hier, wie auch bei der nächstfolgenden Kategorie von astronomischen Objekten, den Sternen, tritt uns die höchst bemerkenswerte Tatsache entgegen, daß sich diese so überaus zahlreichen Objekte in eine verhältnismäßig sehr kleine Anzahl von Typen, die außerdem noch ganz stetige Übergänge untereinander zeigen, zusammenfassen lassen. Sie lassen sich nämlich in ein System von Sequenzen, oder *einparametrigen* Scharen einordnen, und es liegt selbstverständlich sehr nahe, diesen Parameter mit der Zeit zu identifizieren oder wenigstens mit dieser in enge Verbindung zu bringen. Dieses System von Sequenzen, wie es sich für die Galaxien aus den epochemachenden Untersuchungen von E. Hubble ergeben hat, ist in der untenstehenden Abb. 1 dargestellt.

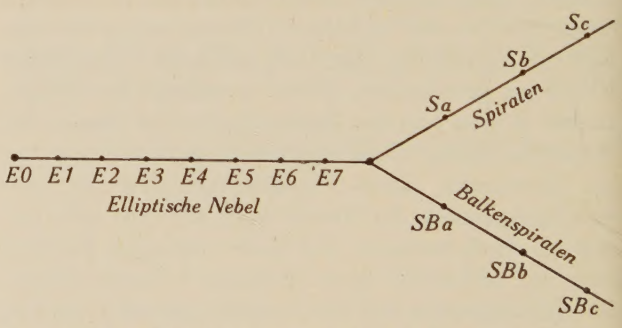
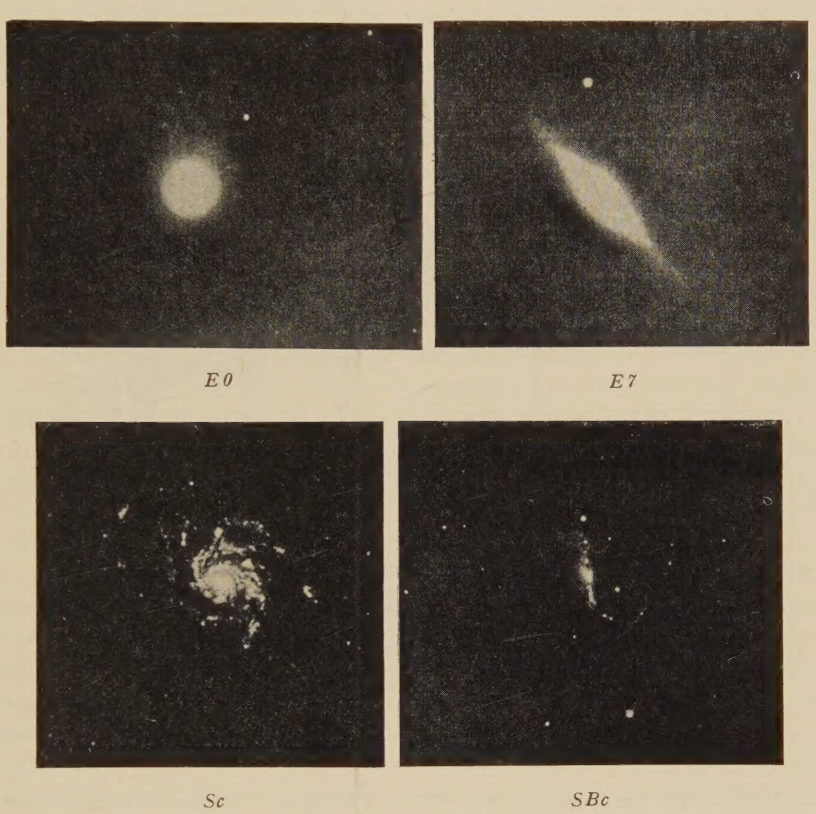


Abb. 1. Klassifikation der Außergalaktischen Nebel

Die Sequenz scheint mit den Außergalaktischen Nebeln anzufangen, die sich als kreisförmige, diffus leuchtende Scheiben auf die Himmelssphäre projizieren und daher vermutlich in ihrer Mehrzahl wirklich annähernd sphärische Gestalt haben. Diese mit *E 0* bezeichnete Klasse bildet den Ausgangspunkt der Sequenz der elliptischen Nebel, die bei stets zunehmender Elliptizität in acht Klassen, von *E 0* bis *E 7* (mit einem Achsenverhältnis von etwa 1:3), eingeteilt werden. An dieser Stelle hört die Sequenz der elliptischen Ne-

el auf und teilt sich in die beiden Sequenzen der piralnebel, nämlich der gewöhnlichen Spiralnebel Klassen *Sa*, *Sb*, *Sc*), und der von den englischen Auoren als «barred spirals» bezeichneten Nebel, für die s in der deutschen Literatur noch keine einheitliche Bezeichnung gibt, die man gelegentlich, nicht sehr reffend, als geschlossene Spiralen bezeichnet hat, ie aber wohl besser «Balkenspiralen» genannt werden ollten, weil die (mitunter auch weit geöffneten) Spiralrme bei ihnen ihren Ursprung, nicht wie bei den normalen Spiralen unmittelbar im Kern, sondern von den beiden Enden eines geradlinigen Nebelstrichs (Balkens) zu nehmen scheinen (Klassen *SBa*, *SBb*, *SBc*). Längs beider Spiralensequenzen nimmt die Öffnung der Spiralwindungen mit fortschreitender Klasse von *a* bis *c* stetig zu (der Winkel zwischen Spiralarm und Radius Vektor nimmt ab). Einige besonders markante Vertreter der oben aufgezählten Typen von Nebeln sind in Abb. 2 zusammengestellt worden. In dieses einfache Schema lassen sich nun etwa 98% der einige hundert Bilder enthaltenden Sammlung von Nebelaufnahmen, die HUBBLE zur Verfügung standen, zwanglos einordnen, während etwa 2% von ihm als unregelmäßige Spiralnebel klassifiziert worden sind. Die Spiralnebel sind im Gegensatze zu den elliptischen Nebeln ganz flache Gebilde, so daß die Abplattung von einem Ende der Serie zum anderen (von *E0* bis *Sc* und *SBc*) ständig zunimmt, und bei den Objekten der letzten Klassen einen Grad erreicht, der sie mit der Verteilung der Sterne in unserem Milchstraßensysteme in Parallele zu stellen gestattet.



E0 *E7*

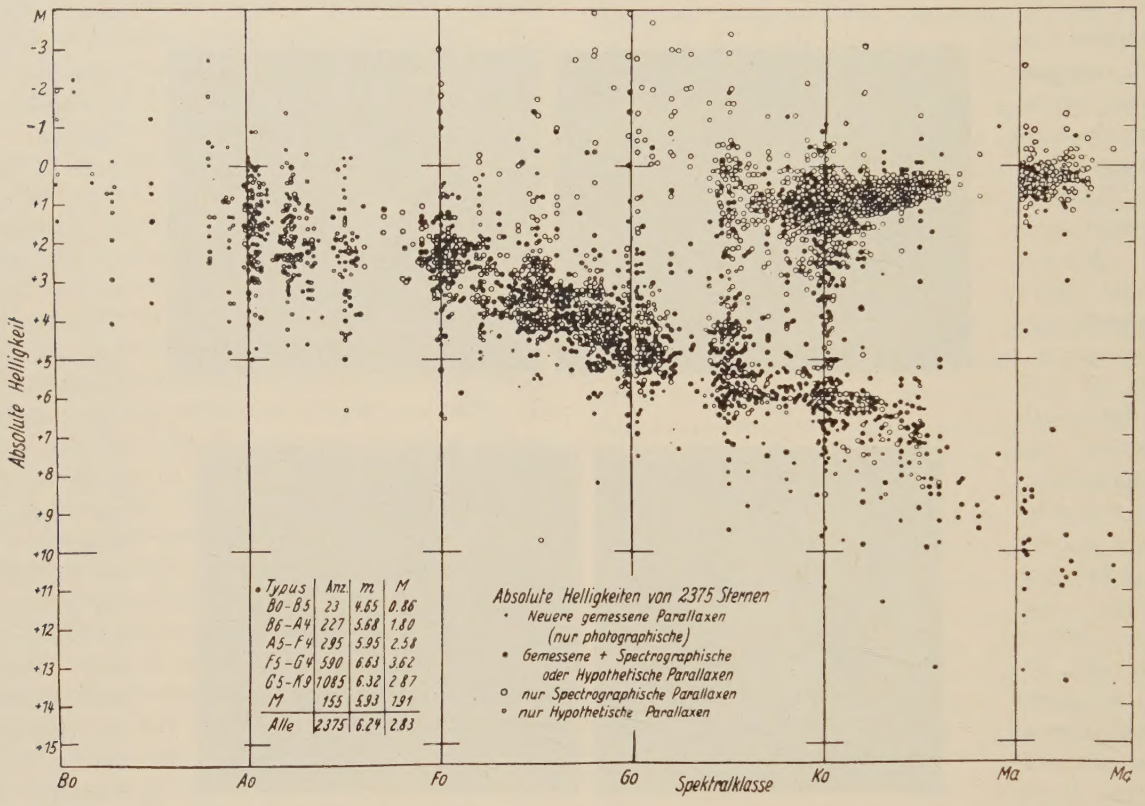
Sc *SBc*

Abb. 2. Beispiele verschiedener Typen von außergalaktischen Nebeln.
(H. JEANS, Astronomy and Cosmogony, Plate IX gegenüber S. 334, und Plate X gegenüber S. 336.)

Die äußeren Teile der großen Spiralnebel, namentlich der «späteren» Klassen, zeigen eine deutlich körnige Struktur, und da einige der in ihnen sichtbaren hellen Klümpchen Lichtveränderungen erfahren, von genau derselben Art, wie wir sie in unserer Galaxie bei einigen veränderlichen Sternen (der sogenannten Cepheiden-Klasse) beobachten, kann es kaum noch zweifelhaft erscheinen, daß wir es hier auch in den Nebeln mit einzelnen Sternen zu tun haben. Dagegen ist die Auflösung der mittleren Teile auch der allergrößten (uns am nächsten liegenden) Spiralnebel in Sterne noch auf keiner Aufnahme gelungen, und auch in den elliptischen Nebeln sind einzelne Sterne noch nie gesehen worden, was allerdings bei den sehr großen, nach Millionen von Lichtjahren zählenden Entfernungen dieser Objekte, noch nicht als Beweis dafür angesehen werden kann, daß sie nicht doch zu einem großen Teile aus Sternen, wenn auch vielleicht nicht aus Sternen der größten Leuchtkraft, bestehen. Die Spiralnebel befinden sich, wie die Messung der Dopplerverschiebungen in den Spektren ihrer verschiedenen Teile gezeigt hat, in ziemlich schneller Rotation. Die Geschwindigkeiten, mit denen sich ihre äquatorialen Teile bewegen, sind von der Größenordnung einiger hundert Kilometer pro Sekunde, was jedoch, bei ihren riesigen Ausmaßen (Durchmesser von der Größenordnung von 10000 Lichtjahren) auf Umdrehungsperioden von Hunderten von Millionen von Jahren führt.

2. Die heute allgemein gebräuchliche Klassifikation der Sterne beruht auf zwei Merkmalen, durch die ihr physikalischer Zustand weitgehend charakterisiert werden kann: ihrer absoluten Leuchtkraft, d. h. der Gesamtmenge der Strahlungsenergie, die sie in der Zeiteinheit in den umgebenden Raum aussenden, und der an ihren Oberflächen herrschenden Temperatur. Letztere wird natürlich durch die kontinuierliche Intensitätsverteilung der Strahlung in ihren Spektren bestimmt, aber auch durch das Auftreten verschiedener Absorptionslinien, die den an ihren Oberflächen

herrschenden Ionisationszustand der verschiedenen Elemente (der wiederum von der Temperatur abhängt) charakterisieren. Die Leuchtkraft eines Sternes konnte früher nur aus seiner scheinbaren Helligkeit in Verbindung mit seiner Entfernung bestimmt werden, neuerdings ist aber eine Reihe von Kriterien entwickelt worden, die dieses Merkmal auch aus dem Verhalten gewisser Spektrallinien, ohne jede Kenntnis der Entfernung zu bestimmen gestatten, so daß letztere wiedergegeben ist. Als Abszissen dienen hier die Spektralklassen, die wie gesagt die Oberflächentemperaturen der Sterne vertreten, als Ordinaten — die absoluten Leuchtkräfte, in der in der Astronomie üblichen logarithmischen «Größenklassen-Skala», in der die Größenklasse mit zunehmender Helligkeit abnimmt und die absolute Leuchtkraft der Sonne etwa gleich +5 ist. Man sieht, daß die Sterne im wesentlichen in zwei Sequenzen zerfallen, von denen die erste



Typus	Anz	m	M
Bo-B5	23	4.85	0.86
B6-A4	227	5.68	1.80
A5-F4	295	5.95	2.58
F5-G4	590	6.63	3.62
G5-K9	1085	6.32	2.87
M	155	5.93	1.91
Alle	2375	6.24	2.83

Abb. 3. Das Russell-Diagramm. Verteilung von 2375 Sternen in bezug auf ihre absolute Helligkeit und Spektralklasse.

umgekehrt aus ihm und der beobachteten scheinbaren Helligkeit berechnet werden kann (Methode der spektroskopischen Paralaxen). Nach der Beschaffenheit ihrer Spektren wird die große Masse der Sterne heute im wesentlichen (bei Vernachlässigung gewisser seltener Typen) in sieben Spektralklassen eingeteilt, die durch die Buchstaben *O*, *B*, *A*, *F*, *G*, *K*, *M* (in dieser historisch entstandenen Reihenfolge) bezeichnet werden. Diese Reihenfolge der Spektraltypen entspricht ungefähr einer Ordnung der Sterne nach abnehmender Temperatur ihrer Oberfläche, wenn auch die Temperaturunterschiede längs der Spektralserie keineswegs gleich sind, sondern von links nach rechts ständig abnehmen.

Wenn nun die Sterne nach den beiden obenerwähnten Merkmalen in ein Korrelationsdiagramm eingetragen werden, dann ergibt sich das berühmte, von H. N. Russell zuerst konstruierte und nach ihm benannte Diagramm, das in der nebenstehenden Abb. 3 praktisch parallel der Abszissenachse verläuft (also durch praktisch konstante Leuchtkraft ausgezeichnet ist), während sich die zweite, einen beträchtlich größeren Prozentsatz aller Sterne enthaltende Sequenz schräg von der linken oberen Ecke des Diagramms nach der rechten unteren Ecke hinzieht. Auf der rechten Hälfte des Diagramms, also für die Spektralklassen *K* und *M*, gehören zu jedem Spektraltypus zwei bevorzugte Werte der Leuchtkraft, und da die Oberflächentemperaturen der Sterne beider Arten (und daher auch die Strahlungsintensitäten der Flächeneinheit ihrer Oberflächen) praktisch dieselben sind, kann der große Unterschied in den Leuchtkräften nur durch eine sehr verschiedene Größe dieser Oberflächen, und mithin auch der Durchmesser der betreffenden Sterne, erklärt werden. Während also die Sterne der oberen Sequenz *Riesensterne* sind, haben wir es bei den Sternen des schrägen Astes, der auch die «Hauptsequenz» genannt wird, mit *Zwergsternen* zu tun. In einigen astro-

mischen Gebilden (den kugelförmigen Sternhaufen) cheint, außer den auf der Abb. 3 zu sehenden Ästen, ch ein, hier über den oberen Rand der Figur hinaus- render Ast der Überriesen oder Hypergiganten, l ferner würde, falls unser statistisches Material das Sternsystem vollständig wäre, etwa parallel zu Abszissenachse, aber im unteren Teile des Dia- mms, auch der Ast der sogenannten *weißen Zwerge* zutragen sein, d. h. der Sterne, deren Oberflächen- nperatur zwar hoch, deren Leuchtkraft aber, und her auch deren Durchmesser, sehr klein sind. Von esen Sternen ist, wegen ihrer geringen Helligkeit, nächst nur eine sehr kleine Anzahl bekannt, da diese er alle in einem verhältnismäßig sehr kleinen Raum- lumen in der Umgebung unserer Sonne liegen, muß e räumliche Dichte in unserem Sternsystem eine ßerordentlich große sein. Da die Massen der Sterne viel engeren Grenzen zu schwanken scheinen, als e Volumina, müssen wir in den Riesensternen, de- n Durchmesser den Durchmesser der Sonne um s Hundertfache und mehr übersteigen, ganz diffuse, belförmige Gebilde sehen; die Zwergsterne, zu denen ch die Sonne gehört, haben eine mittlere Dichte, die wa der Dichte des Wassers entspricht, während sich r die weißen Zwerge Dichten von den phantastischen träger von 20000 und mehr ergeben, so daß die rmutlich vollständig ionisierten Atomkerne und ktronen, aus denen sie bestehen, höchst wahrschein- h ein entartetes Gasgemisch darstellen. Das Se- enzenschema für die Sterne scheint nicht so einfach sein, wie es sich für die Galaxien erwiesen hat, und fällt hier viel schwerer, den die einzelnen linearen quenzen beherrschenden Parameter mit der Zeit in rbindung zu bringen; es ist aber trotzdem außer- dentlich bemerkenswert und sicher bedeutungsvoll, ß die nach Milliarden zählenden astronomischen bilde, die wir Sterne nennen, und die so tiefgehende nterschiede voneinander zu zeigen scheinen, sich in ne so geringe, leicht übersehbare Anzahl einpara- etriger Sequenzen einordnen lassen.

Die Sterne befinden sich im allgemeinen in Ro- tionsbewegung um eine durch ihren Mittelpunkt ge- nde Achse, wobei die Rotationsgeschwindigkeit sehr rschiedene Beträge haben kann. Bei der Sonne be- gen sich die auf dem Äquator liegenden Oberflächen- ile mit einer Geschwindigkeit von etwa 2 km/sec, ch sind uns andere Sterne bekannt (die hauptsäch- h den «frühen» Spektralklassen *O*, *B* und *A* ange- ren), bei denen diese Geschwindigkeit den Betrag 0 km/sec erreicht oder sogar übersteigt. Schließlich uß noch hervorgehoben werden, daß über ein Viertel ler uns bekannten Sterne Doppelsterne sind, d. h. aus vei (und zuweilen auch mehr) Komponenten be- ehen, die um einander geschlossene KEPLERsche ahnen beschreiben, wobei sowohl das Massenver- ltnis der Komponenten als auch ihre Durchmesser d die Bahnelemente in weiten Grenzen schwanken können. Es sind uns Doppelsterne bekannt, bei denen die zweite Komponente viel kleiner als die erste ist, und um letztere eine weite Bahn, als eine Art leuchtender Planet beschreibt, aber auch solche, die aus zwei beinahe gleichen Komponenten bestehen, die so enge Bahnen um einander beschreiben, daß sich ihre Oberflächen berühren müssen. Es ist natürlich schwer, sich hierbei des Eindruckes zu erwehren, daß namentlich letztere Doppelsternsysteme, oder wenigstens ein großer Teil von ihnen, durch Spaltung eines ursprünglich einfachen Gebildes entstanden sein müssen.

3. Bei der dritten Stufe von astronomischen Objekten, nämlich den Planeten, können wir die bei den zwei ersten angestellten statistischen Betrachtungen nicht in der früheren Weise fortsetzen, weil uns außer unserem eigenen, aus einer beschränkten Zahl von Körpern bestehenden Planetensystem kein anderes bekannt ist, und wir daher dieses System zunächst als ein allein dastehendes Individuum behandeln müssen. Trotzdem fordert auch dieses Gebilde den menschlichen Geist zu kosmogonischen Betrachtungen geradezu heraus, und zwar wegen der in ihm herrschenden, schon den Astronomen des Altertums aufgefallenen außerordentlich weitgehenden Gesetzmäßigkeiten seiner Anordnung, die von den Forschern oft als «vollendete Harmonie» bezeichnet worden ist, und die augenscheinlich nur durch die Entstehungsgeschichte dieses Gebildes erklärt werden kann. Die Eigenschaften, die das Konglomerat der sich um die Sonne bewegenden Planeten zu einem wohlgeordneten System stempeln, bestehen im wesentlichen in folgendem:

a) Die Bahnen der Planeten sind, mit nur ganz geringfügigen Ausnahmen (Asteroiden), nahezu kreisförmig (die Bahnexzentrizitäten sind durchweg sehr klein);

b) Diese Bahnen sind alle praktisch komplanar, d. h. daß ihre Ebenen beinahe genau zusammenfallen, und auch mit der unveränderlichen Ebene des Gesamtsystems, die im wesentlichen durch die Lage der Jupiterbahn bestimmt ist;

c) Die Bewegungen aller Planeten erfolgen in einem und demselben Sinne (der von den Astronomen als rechtläufig bezeichnet wird), nämlich vom Nordpol der Erde aus gesehen, in der dem Uhrzeiger entgegengesetzten Richtung;

d) Um sechs von den neun großen Planeten bewegen sich Trabanten oder Satelliten, so daß sie gewissermaßen verkleinerte Auflagen des Sonnensystems darstellen, und die Bewegungen dieser Begleiter befolgen im wesentlichen auch die unter *a*—*c* angeführten Gesetzmäßigkeiten;

e) Schließlich, und das ist vielleicht das Erstaunlichste von allem, besteht zwischen den Entfernungen der Planeten von der Sonne eine einfache, gesetzmäßige Beziehung, die durch die berühmte TITIUS-BODEsche Formel ausgedrückt wird, aus der man die relativen Entfernungen aller Planeten genähert be-

rechnen kann, wenn man eine in sie eingehende Größe der Reihe nach alle *ganzen* Zahlen durchlaufen läßt. In der ihr von C. V. L. Charlier gegebenen besonders einfachen Form, lautet die Bodesche Formel:

$$r_n = 4 + 3 \cdot 2^n \qquad (1)$$

wo r_n die Entfernung eines Planeten von der Sonne bezeichnet, und die Entfernung der Erde gleich 10, also dem Werte $n = 1$ entsprechend, zu setzen ist. (Die Entfernung der Venus entspricht dann mit $r = 7$, dem Werte $n = 0$, die Entfernung des Merkurs, mit $r = 4$, dem Werte $n = -\infty$. Die Asteroiden sind hierbei als ein einziger Planet zu betrachten und stehen in der mittleren Entfernung 22, entsprechend dem Parameterwerte $n = 3$.) Auf die Deutung dieser Beziehung werden wir weiter unten noch ausführlich eingehen müssen.

Bei dieser kurzen Übersicht der kosmogonisch wichtigen astronomischen Objekte haben wir gewisse Gebilde, denen mitunter auch eine beträchtliche kosmogonische Bedeutung zugeschrieben worden ist, wie die kugelförmigen und offenen Sternhaufen, die Gasnebel usw. ganz unberücksichtigt gelassen, weil wir es nur auf eine ganz schematische Darstellung der wichtigsten und verbreitetsten Typen astronomischer Objekte abgesehen hatten, und weil die Bedeutung der letztgenannten, verhältnismäßig seltenen Gebilde für die Erklärung des Werdens des Weltalls, nach den Ergebnissen der neueren Forschung, seinerzeit wahrscheinlich übertrieben worden ist.

Was haben wir nun dieser Fülle von Erscheinungen auf der theoretischen Seite gegenüberzustellen? Es ist klar, daß die Antwort auf das uns von ihnen aufgegebene Rätsel in jener mathematischen Disziplin gesucht werden muß, die die Gleichgewichtsformen von in Rotation befindlichen gravitierenden Massen untersucht; denn die äußerst langsamen Änderungen, die die Himmelskörper mit der Zeit erfahren, können höchst wahrscheinlich als ein Durchlaufen einer Reihe von Gleichgewichtszuständen gedeutet werden, und andererseits ist es die bei einer Rotation auftretende Zentrifugalkraft, die vermutlich in erster Linie für die Abweichung eines im Raume isoliert schwebenden Gebildes von der Kugelgestalt verantwortlich gemacht werden muß. Trotz der sehr großen Schwierigkeiten, die die Entwicklung dieser Theorie in einzelnen konkreten Fällen bietet, sind ihre Grundlagen von einer außerordentlichen Einfachheit:

Das Gleichgewicht innerhalb einer freischwebenden, um eine feste Achse mit gleichmäßiger Winkelgeschwindigkeit rotierenden, gravitierenden Materiemasse wird durch die Bedingung bestimmt, daß die auf jedes materielle Teilchen wirkenden Kräfte sich in einem mitrotierenden Koordinatensystem in ihrer Summe aufheben müssen. Diese Kräfte sind aber:

1. die von der gesamten Masse auf das an der betrachteten Stelle befindliche Teilchen ausgeübte Gravitationskraft, die bekanntlich als der Gradient des von der Gesamtmasse herrührenden Gravitationspotentials an der betreffenden Stelle dargestellt werden kann;

2. die von der Rotation des Gebildes herrührende Zentrifugalkraft, die sich ebenfalls auf eine Potentialfunktion zurückführen läßt; und

3. die Differenz der auf das Teilchen seitens seiner Umgebung wirkenden Druckkräfte, die durch den Gradienten der den an jeder Stelle herrschenden (hydrostatischen) Druck p angebenden Funktion für die betreffende Stelle gegeben wird. Da aber an der freien Oberfläche einer Masse im Zustande des Gleichgewichts der Druck p notwendig gleich Null sein muß (weil ja einem eventuell vorhandenen Drucke nichts von außen entgegenwirken würde und die Oberfläche daher unmöglich in Ruhe bleiben könnte), wird die mathematische Bedingung für diese Oberfläche einfach durch die Forderung gegeben, daß auf ihr die Summe des Gravitationspotentials und des Potentials der Zentrifugalkraft überall einen und denselben konstanten Wert behalten muß. Bezeichnen wir die (auf die Masseneinheit bezogene) Potentialfunktion der Gravitationskräfte mit $V(x,y,z)$, die für das ganze Gebilde als konstant angenommene Winkelgeschwindigkeit mit ω, so lautet, wenn wir die Rotationsachse zur Z-Achse unseres Koordinatensystems wählen, diese Bedingung

$$V(x,y,z) + \frac{1}{2}\omega^2(x^2+y^2) = \text{const} \qquad (2)$$

wo das zweite Glied der Summe bekanntlich das Potential der Zentrifugalkraft ausdrückt. Je nach dem wir auf der linken Seite dieser Gleichung verschiedene Ausdrücke für das Potential V einsetzen, können wir die den verschiedenen untersuchten Gebilden entsprechenden Gleichgewichtsformen erhalten. Dieses Potential wird natürlich von den Annahmen abhängen, die wir über den Charakter der räumlichen Dichteverteilung der Materie machen, und auch über ihre physikalische Beschaffenheit, also von der Beziehung, die wir zwischen der Dichte und dem auf das Massenteilchen von seiner Umgebung ausgeübten Druck als geltend voraussetzen. Es erweist sich nun, daß gerade in letzterer Hinsicht das Ergebnis von den gemachten Annahmen in sehr hohem Grade abhängt, und daß der ganze Vorrat an möglichen Gleichgewichtsgestalten in zwei voneinander scharf getrennte Gruppen zerfällt. Wenn wir von der Annahme ausgehen, daß die Dichte, ganz unabhängig von dem auf das Massenteilchen ausgeübten Drucke, immer einen konstanten Wert behält, dann haben wir es mit einer *inkompressiblen* Materie, also mit einer Flüssigkeit, zu tun, und die Gleichgewichtsformen, auf die wir geführt werden, sind diejenigen, die eine freischwebende gravitierende Flüssigkeitsmasse bei verschiedenen Rotationsgeschwindigkeiten annimmt. Im Falle dagegen, daß zwischen der Dichte und dem Drucke eine Beziehung besteht, so daß sich die Dichte innerhalb des

bildes ändern kann, und im Falle des Gleichgechts überall den dem jeweiligen Drucke entsprechenn Wert besitzt, haben wir eine *kompressible* Materie, o ein Gas, vor uns, dessen Gleichgewichtsfiguren, e die Theorie zeigt, einen ganz anderen Charakter ben, als diejenigen einer Flüssigkeit. Dieser zweite ll bietet der mathematischen Analyse beträchtlich ßere Schwierigkeiten, weil die Gleichgewichtsuren nicht mehr, wie bei den flüssigen Körpern, ausließlich durch die Bedingung (2) bestimmt werden, ndern noch gewisse weitere Bedingungen erfüllt n müssen, die den Gleichgewichtszustand in jedem nkte im Inneren des Körpers gewährleisten. Die mer zunimmt. Bei Erreichung eines gewissen Wertes von ω werden aber diese Ellipsoide instabil, und es treten an ihrer Stelle dreiachsige Ellipsoide auf, die nach ihrem Entdecker JACOBIsche Ellipsoide genannt werden, und deren drei Achsen mit weiter wachsender Winkelgeschwindigkeit immer ungleicher werden, bis auch für diese Gebilde bei einer gewissen maximalen Winkelgeschwindigkeit die Stabilität aufhört. Die darauf folgenden Gleichgewichtsfiguren (drittes Bild), die eine mit wachsendem ω immer tiefere Einschnürung zeigen, und als POINCARÉsche Birnfiguren bezeichnet werden, sind immer instabil, so daß an dieser Stelle die Entwicklung wahrscheinlich einen katastro-

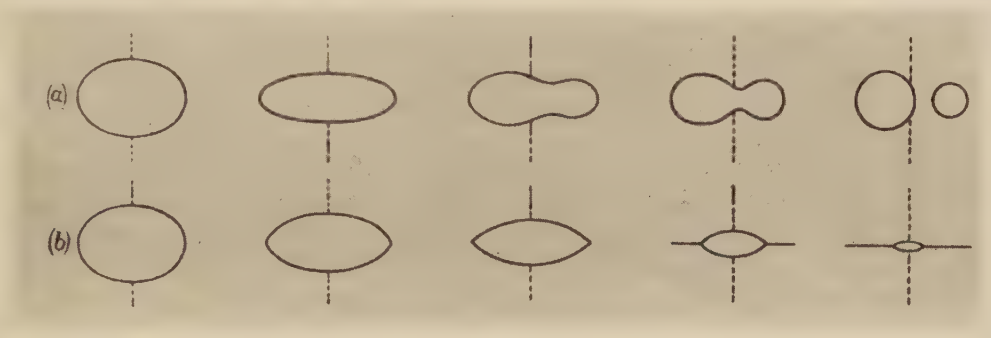


Abb. 4. Die beiden Sequenzen von Gleichgewichtsformen rotierender Massen unter dem Einfluß ihres eigenen Gravitationspotentials. (H. JEANS, Astronomy and Cosmogony, Fig. 63, S. 414.)

eorie der Gleichgewichtsfiguren rotierender Flüssigitsmassen ist bekanntlich von MACLAURIN JACOBI, INCARÉ, G. H. DARWIN, LIAPOUNOFF und J. H. JEANS twickelt worden und kann heute auf eine lange Geichte zurückblicken; die entsprechende Theorie für sförmige (kompressible) Massen, deren Anfänge sich reits in den Arbeiten von LAPLACE und ROCHE (1873) den, ist vor allem von J. H. JEANS in seinen beiden ndlegenden Werken: Problems of Cosmogony and ellar Dynamics (1918) und Astronomy and Cosmony (1929) entwickelt worden. Die Ergebnisse beider ntersuchungsreihen können am bequemsten an Hand r nebenstehenden Abb. 4, die dem letztgenannten che von JEANS entnommen ist, veranschaulicht rden. Die Reihe (*a*) bezieht sich auf rotierende inmpressible Flüssigkeiten, und stellt in stark schemaierter Form die Aufeinanderfolge der Gestalten, die ne um eine Achse (punktierter Vertikalstrich) rotiende Flüssigkeitsmasse bei zunehmender Winkelschwindigkeit annehmen kann. Die beiden ersten guren ergeben sich theoretisch sehr leicht aus der leichung (2), wenn man in ihr für V den Ausdruck r das Potential eines homogenen Ellipsoids einsetzt d die Achsenverhältnisse bestimmt, für die diese dingungsgleichung erfüllt ist. Bei kleinen Werten r Winkelgeschwindigkeit ω werden bekanntlich Rotionsellipsoide — sogenannte MACLAURINsche Ellipide — erhalten, zu denen für $\omega = 0$ auch die Kugel hört und deren Abplattung mit wachsendem ω imphalen Verlauf nimmt, bis sich die ursprüngliche Masse in zwei selbständige Körper aufspaltet (letzte Figur der Reihe, die aber nur hypothetisch ist), die wieder eine stabile Bewegung um ihren gemeinsamen Schwerpunkt ausführen können. Das der zweiten Reihe (*b*) zugrunde liegende Modell stellt gewissermaßen den vollständigsten Gegensatz zu dem der ersten Reihe (*a*) dar. Während im ersten wegen der angenommenen Inkompressibilität, die Dichte der Materie an allen Stellen und im Verlaufe der ganzen Entwicklung denselben Wert behält, entspricht das Modell der Reihe (*b*) einem aus so kompressiblem Materiale aufgebauten Körper, daß praktisch seine ganze gravitierende Masse in seinem Mittelpunkte konzentriert ist, und nur eine dünne Atmosphäre, deren Gravitationswirkungen wegen ihrer verschwindend kleinen Gesamtmasse vernachlässigt werden können, um diesen Kern sich der jeweiligen Rotationsgeschwindigkeit anpaßt, indem ihre Oberfläche die Gestalt einer Äquipotentialfläche annimmt (ROCHEsches Modell). Diese Figuren können wieder aus der Bedingung (2) erhalten werden, wenn man in ihr das Gravitationspotential eines Massenpunktes einsetzt, der sich im Mittelpunkt befindet und dessen Masse gleich der Gesamtmasse des gasförmigen Körpers ist. Für kleine Rotationsgeschwindigkeiten erhält man in diesem Falle, von der für $\omega = 0$ geltenden Kugel ausgehend, zunächst ebenfalls nur schwach abgeplattete Rotationsfiguren, jedoch folgen ihnen für zunehmende Werte von ω bald ganz anders gestaltete Gebilde.

Diese um die Rotationsachse stets symmetrisch bleibenden Figuren, die Jeans als «Pseudosphäroide» bezeichnet, haben als Grenzfigur für einen bestimmten Wert der Rotationsgeschwindigkeit ω das dritte in der Serie (*b*) dargestellte Bild: hier hat sich längs dem Äquator der achsensymmetrischen Figur eine *scharfe Kante* herausgebildet, und die hier liegende Materie wird, wie die genaue Theorie zeigt, von der Anziehung der Gesamtmasse nicht mehr gebunden. Eine kleine weitere Steigerung der Winkelgeschwindigkeit hat daher schon ein *Entweichen* von Materie längs dem Äquator des Gebildes zur Folge, was in den beiden nächsten Bildern durch die vom Äquator aus gezogenen Geradenabschnitte angedeutet ist. Das Instabilwerden und Aufbrechen einer kompressiblen Gasmasse erfolgt also auf ganz andere Weise, als bei einer Flüssigkeit, nämlich durch äquatoriale Instabilität, indem sie von einer gewissen Rotationsgeschwindigkeit an kleine Massenmengen in ihrer Äquatorebene auszustossen anfängt, während die flüssige Masse, wie wir gesehen haben, sich einschnürt und einem einen beträchtlichen Teil ihrer ursprünglichen Masse mitnehmenden Begleiter (durch «Fission») Geburt gibt. Da die wirklichen Himmelskörper weder ganz inkompressibel noch über alle Grenzen kompressibel sind, könnte man erwarten, daß ihre Aufteilung auf irgendeinem zwischen beiden oben gefundenen Wegen verlaufenden Mittelwege erfolgen müsse. Die strenge Theorie zeigt jedoch, daß das nicht der Fall ist; ein stark nach seinem Mittelpunkte konzentrierter Körper befolgt mit nur ganz geringen Abweichungen die Entwicklungsreihe (*b*), auch wenn wir seine Konzentration langsam abnehmen lassen, bis ein gewisser Grenzwert erreicht wird, bei dem er sich plötzlich auf die Reihe (*a*) umschaltet, so daß in der Natur im wesentlichen nur die beiden durch die Reihen (*a*) und (*b*) dargestellten Entwicklungsreihen vorzukommen scheinen.

Zur Vervollständigung unseres theoretischen Rüstzeuges wollen wir an dieser Stelle noch den auch heute für das Verständnis des Entwicklungsprozesses eines Himmelskörpers grundlegenden Gedanken von Laplace erwähnen: ein Himmelskörper, der Wärme ausstrahlt, verliert dauernd Energie und muß sich schließlich abkühlen, wodurch seine Dichte zunehmen und sein Volumen abnehmen wird; da aber der Flächensatz der Mechanik dabei erfüllt bleiben muß, hat diese Zusammenschrumpfung notwendig ein Anwachsen der Rotationsgeschwindigkeit zur Folge, so daß letztere tatsächlich, wie wir es oben stillschweigend angenommen haben, als der von der Zeit abhängige Parameter erscheint, der die Evolution beherrscht.

Wenn wir nun die oben geschilderten theoretischen Ergebnisse mit dem empirischen Befunde vergleichen, so müssen wir zu dem Schlusse kommen, daß zwischen beiden eine unverkennbare und ziemlich weitgehende Ähnlichkeit besteht. Fangen wir mit den Galaxien an, so haben wir es hier mit Gebilden ungeheuer großer Massen, von der Größenordnung von 10^9 bis 10^{11} Sonnenmassen (Masse der Sonne $= 2 \cdot 10^{33}$ g), zu tun. Jeans hält es für wahrscheinlich, daß die Gravitationswirkung einer so beträchtlichen Gasmasse auf ihre sicher sehr verdünnten Außenteile ungefähr dieselbe sein wird, wie wenn die ganze Masse praktisch in ihrem Mittelpunkte konzentriert wäre. In diesem Falle hätten wir aber ein Gebilde vor uns, das in dynamischer Beziehung eine weitgehende Ähnlichkeit mit dem Rocheschen Modell aufweisen würde, und wir sehen in der Tat, daß es, je nach der Geschwindigkeit seiner Rotation, so ziemlich alle Formen annehmen könnte, die wir bei den Außergalaktischen Nebeln tatsächlich realisiert finden, von ovalen Gebilden verschiedener, jedoch unter einer bestimmten oberen Grenze bleibender Abplattung, bis zu ganz flachen, aus einem kleinen Kerne und sich um ihn herum lagernden (wahrscheinlich aus ihm hervorgequollenen) Materiefetzen bestehenden Gebilden, wie wir sie bei den normalen Spiralnebeln in allen möglichen Abwandlungen vorfinden. Auch das an der Grenze zwischen ovalen Nebeln und Spiralnebeln stehende, so charakteristische Gebilde *E7*, das uns am Himmel aus sehr zahlreichen Nebelaufnahmen bekannt ist, erscheint theoretisch verständlich, wie ein Vergleich des in Abb. 2 dargestellten Nebels dieser Klasse mit der dritten Gestalt der Reihe (*b*) auf Abb. 4 lehrt. Auf die von Jeans für die Balkenspiralen versuchsweise gegebene Erklärung, die auf einem durch einen eingebauten inkompressiblen Kern erweiterten Rocheschen Modell beruht (in dem der Kern bereits die Form eines dreiachsigen Jacobischen Ellipsoids angenommen haben müßte), wollen wir hier nicht näher eingehen, da sich ihr beträchtliche theoretische Schwierigkeiten entgegenzustellen scheinen.

Was nun die astronomischen Gebilde zweiter Stufe, nämlich die Sterne, betrifft, so steht es mit der Erklärung ihrer Entstehung und Entwicklung heute viel weniger günstig, als mit den Galaxien. Die große Anzahl von Doppelsternen weist allerdings in der Richtung hin, daß bei der Entstehung dieser Gebilde die Entwicklungsreihe (*a*) der Aufteilung einer Masse in zwei Komponenten gleicher Größenordnung eine hervorragende Rolle spielen muß, und der Vergleich der theoretisch abgeleiteten Gleichgewichtskonfigurationen von zwei um einander rotierenden Massen mit den genauer untersuchten Doppelsternsystemen, scheint dieser Ansicht eher eine Stütze zu verleihen. Doch stellen sich der Theorie auch gewisse Schwierigkeiten entgegen. Die Gültigkeit letzterer ist an die Voraussetzung gebunden, daß die Materie, aus der sich der Urstern zusammensetzte, ihrer physikalischen Beschaffenheit nach sich einer inkompressiblen Flüssigkeit genähert haben soll. Jeans nimmt dies zwar an, indem er voraussetzt, daß die Atome (oder richtiger die ionisierten Atomreste) in den innersten Teilen eines Sternes so eng gepackt sind, daß das von ihnen

bildete Material praktisch mit einer inkompressiblen üssigkeit verglichen werden darf. Dagegen ist von derer Seite geltend gemacht worden, daß bei dem Inneren der Sterne wegen der dort herrschenden sigen Temperaturen (von der Größenordnung von 7 Grad) zu erwartenden hohen Ionisationsgrade der aterie und dem sehr hohen Gehalte an Wasserstoff, tztere im wesentlichen aus Protonen und freien Elekonen zusammengesetzt sein muß, und daß ein solches misch eher die Eigenschaften eines idealen Gases, s einer Flüssigkeit zeigen würde. Namentlich S. EDDINGTON hat diesen Standpunkt in seinen hnbrechenden Arbeiten über den inneren Aufbau r Sterne vertreten und ihn auch durch den Hinweis f die empirische Tatsache zu stützen versucht, daß e von ihm entdeckte Massenhelligkeitsrelation sohl für die sehr diffusen Riesensterne, als für die dichren Zwergsterne mit derselben Genauigkeit erfüllt , so daß auch die Eigenschaften letzterer durch seine h auf die idealen Gasgesetze stützende Theorie ihres neren Aufbaus richtig wiedergegeben werden. (Für e weißen Zwerge würde sie dagegen nicht mehr gelm.) Was den Entstehungsprozeß eines einzelnen erns aus einer Gas- oder Staubmasse betrifft, so nn heute die Ansicht, daß sich dieser Prozeß verutlich in den äußeren Teilen der Galaxien, und zwar wahrscheinlichsten der Spiralnebel, vollzieht rchaus vertreten werden, jedoch bleibt für uns das esen dieser «Sternwerdung», trotz gewisser von rschiedenen Forschern, unter anderen auch von ANS selbst, angestellter, feinsinniger Betrachtungen, f die hier nicht eingegangen werden kann, noch imer dunkel. Daß die Entwicklung des einzelnen Sterns der Richtung immer zunehmender Dichte verläuft, scheint auf den ersten Blick als die einzige plausible nnahme, jedoch ist es bis heute noch nicht gelungen, n näheren Hergang einer solchen Entwicklung geuer zu beschreiben. Auf den noch tobenden Streit, die Riesensequenz zusammen mit der Hauptsequenz n tatsächlichen Entwicklungsweg eines Sternes RUSSELL-Diagramm darstellt, wie von RUSSELL lbst anfänglich angenommen wurde, oder ob man diesem gebrochenen Linienzuge nur die Häufungsellen der langlebigsten Zustände von Sternen zu ericken hat, während die wirkliche Evolution auf ganz nderen Kurven — eventuell auf den der Abszissenhse etwa parallel verlaufenden Kurven konstanter asse (Massenhelligkeitsrelation) — vor sich geht EANS denkt sogar an katastrophenartige, sprungfte Übergänge zu immer größeren Dichten), kann a dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, da die nsichten der verschiedenen Autoren noch zu weit ausnandergehen und zu großen Schwankungen unterworn sind. Es bleibt daher nichts anderes übrig, als sich nächst mit der betrüblichen Tatsache abzufinden, daß s der Prozeß der Entstehung und Entwicklung eines erns heute noch weitgehend unverständlich bleibt.

Wir kommen nun zu der untersten Stufe der astronomischen Gebilde, — zu den Planeten sowie dem einzigen uns bekannten System solcher Körper, unserem eigenen Planetensystem, und fragen, was die moderne Theorie zu seiner Entstehung zu sagen hat. Von den sehr zahlreichen zu verschiedenen Zeiten zu seiner Erklärung aufgestellten Hypothesen, kommen heute eigentlich nur noch drei ernstlich in Frage: die alte KANT-LAPLACEsche Hypothese, eine in den ersten Jahren unseres Jahrhunderts aufgestellte Flutwellentheorie, und die im Jahre 1943 von C. F. VON WEIZSÄCKER[1] vorgeschlagene neue Theorie, die man als die Wirbeltheorie bezeichnen könnte.

1. Die KANT-LAPLACEsche Hypothese ist jedem Gebildeten zu gut bekannt, als daß sie hier ausführlich dargestellt zu werden brauchte. Sie fußt, in der ihr von LAPLACE gegebenen Form augenscheinlich auf der Theorie des ROCHEschen Modells, das ja bei genügend schneller Drehung in seiner Äquatorebene Materieringe abzuwerfen anfängt. Diese älteste Theorie ist als eine sehr leistungsfähige zu nennen, denn sie gestattet nicht weniger als vier der auf S. 41 aufgezählten Eigenschaften des Planetensystems, nämlich a—d, in zwangloser Weise zu erklären. Zwei Umstände aber lassen uns diese Theorie heute als nicht mehr befriedigend erscheinen: auf Grund eines von POINCARÉ[2] bewiesenen Theorems läßt sich unschwer zeigen, daß ein von der Sonne auf die beschriebene Weise abgesetzter Ring gasförmiger Materie sich unter dem auflösenden Einfluß seiner eigenen Rotation sofort im Raume verflüchtigen müsste, es sei denn, daß seine Dichte schon gleich nach der Abtrennung auf das 0,36fache der mittleren Dichte der Sonnenmasse (die ja, um diesen Prozeß der Abtrennung überhaupt möglich zu machen, als sehr stark nach ihrer Mitte konzentriert zu denken ist) anwachsen kann; der zweite Einwand besteht aber darin, daß die KANT-LAPLACEsche Theorie keinerlei Erklärung für die so merkwürdige, durch einen *ganzzahligen* Parameter charakterisierte Gesetzmäßigkeit in den Entfernungen der aufeinander folgenden Planeten von der Sonne, die durch die BODEsche Formel (1) ausgedrückt wird, zu geben vermag, was in Anbetracht der augenscheinlich fundamentalen, dieser Relation zukommenden Bedeutung, von jeder Theorie der Entstehung des Planetensystems verlangt werden muß.

2. Die Flutwellentheorie, die als «Planetesimaltheorie» um die Jahrhundertwende von CHAMBERLIN und MOULTON aufgestellt, und 1916 von JEANS in abgeänderter und vereinfachter Form als reine Flutwirkungstheorie mathematisch unterbaut worden ist, geht von der Grundannahme aus, daß die Planeten ihre Entstehung einer auf die Sonne von einem an ihr in verhältnismäßig kleiner Entfernung vorbeigegangenen anderen Stern ausgeübten Gezeitenwirkung ver-

[1] C. F. VON WEIZSÄCKER, Zeitschrift für Astrophysik, *22*, 319 (1943).

[2] H. POINCARÉ, Leçons sur les Hypothèses Cosmogoniques, p. 22.

danken. In ihrer ersten Form nahm diese Theorie an, daß die von diesem Fremdkörper erzeugte Flutwelle die auf der Sonne ständig vorkommenden Materieausbrüche in einem solchen Maße vergrößerte, daß schließlich ein langer, aus ausgeworfener Materie bestehender Arm aus der Sonne in den Außenraum hinausragte. Eine Eigentümlichkeit dieser Theorie, der sie ihre Bezeichnung als Planetesimaltheorie verdankt, besteht darin, daß sie die Bildung der Planeten aus diesem Arme sozusagen in zwei Stufen erfolgen läßt, indem sie zuerst die Entstehung ganz kleiner Materieverdichtungen annimmt, die sich dann durch Zusammenschluß zu einem größeren Planeten auswachsen. Die Jeanssche Fassung dieser Theorie sieht dagegen von der eruptiven Tätigkeit an der Oberfläche der Sonne vollständig ab, und zeigt, daß schon die störende Wirkung des Fremdkörpers auf die gasförmige Sonne genügt, um auf letzterer eine Deformation hervorzurufen, die die Entstehung einer Reihe von neuen Körpern (der Planeten) aus ihr erklären kann. Die Flutwellentheorie bietet den Vorteil, auch einen bisher nicht erwähnten Umstand im Aufbau des Planetensystems zu erklären, nämlich die Tatsache, daß die Massen der in mittleren Entfernungen von der Sonne kreisenden Planeten, Jupiter und Saturn, die größten Werte haben, und daß die Planetenmassen sowohl nach innen als nach außen abnehmen: ein aus einem Sterne durch eine Flutwirkung herausgerissener Balken müßte augenscheinlich in seiner Mitte die Hauptmasse seiner Materie haben und sich gegen beide Enden verjüngen. Die Flutwellentheorie kann heutzutage noch keineswegs als widerlegt gelten, doch vermag auch sie für die Bodesche Beziehung zwischen den Entfernungen der Planeten keine vernünftige Deutung zu geben.

Diese Leistung darf die im Jahre 1943 von v. Weizsäcker in Vorschlag gebrachte neue Theorie, wohl als erste, für sich in Anspruch nehmen, weshalb wir ihr hier eine etwas ausführlichere Betrachtung widmen müssen, wenn sich auch unsere Darstellung nur mit ihren allgemeinen Umrissen beschäftigen kann, und wegen aller Einzelheiten auf die Originalarbeit verwiesen werden muß.

v. Weizsäcker weist zunächst auf den durch die neuere Forschung festgestellten Umstand hin, daß die chemische Zusammensetzung der Sonne und der Planeten eine ganz verschiedene ist. Während die Erde zu etwa einer Hälfte aus Elementen besteht, die schwerer als Sauerstoff sind und zur anderen Hälfte im wesentlichen aus Sauerstoff, und wir allen Grund haben, auch für die anderen Planeten (sogar die weniger dichten großen Planeten Jupiter und Saturn) eine nicht stark abweichende chemische Zusammensetzung anzunehmen, besteht die Sonne zum überwiegenden Teil aus den allerleichtesten Elementen, Wasserstoff und Helium, und die die Hauptmasse der Planeten bildenden schwereren Elemente machen kaum 1% ihrer Gesamtmasse aus. Wenn wir also an der naheliegenden Annahme festhalten wollen, daß die Sonne und die Planeten aus derselben ursprünglichen Substanz entstanden sind, dann müssen wir annehmen, daß die Planeten in ihrer gegenwärtigen Form nur einen kläglichen Rest der Materie darstellen, die bei ihrer Entstehung in dem von ihnen heute bewohnten Raume enthalten war, und daß folglich etwa 99% dieser Materie zu irgendeiner Zeit das System verlassen haben müssen. Diese Annahme bringt den Vorteil mit sich, daß sie mit einem Schlage mit allen Schwierigkeiten aufräumt, die aus der Tatsache entstehen, daß der Drehimpuls des zur Erklärung der Planetenbildung zu postulierenden Gasnebels etwa hundertmal größer gewesen sein müßte, als der gegenwärtige Drehimpuls des gesamten Sonnensystems, denn die aus letzterem entweichende, aus den leichteren Elementen bestehende Materie könnte sehr wohl den größten Teil des Drehimpulses mit sich ins Unendliche mitgenommen haben. Die in den Planeten auftretenden schwereren Elemente wären dagegen aus dem Grunde im System geblieben, weil sie sich, bei den von den heute auf den Planeten bestehenden nicht sehr verschiedenen Temperaturen, zu Tröpfchen und Staubteilchen kondensiert haben müßten, durch deren Zusammenschluß die Planeten sehr wohl entstanden sein könnten. Auch die Tatsache, daß die Erde z. B. so gut wie gar keine Edelgase (auch nicht die schwereren) enthält, würde durch diese Entstehungsweise ebenfalls eine ganz ungezwungene Erklärung finden. Die ursprüngliche Masse der zu postulierenden Gashülle muß nach dem oben Gesagten etwa $^1/_{10}$ der Sonnenmasse betragen haben (die Gesamtmasse aller Planeten zusammengenommen übersteigt nur wenig $^1/_{1000}$ der Sonnenmasse), was auf den ganzen von dem Planetensystem eingenommenen Raum ausgebreitet, eine räumliche Dichte von etwa 10^{-9} g/cm^3 ergeben würde. Eine solche Hülle ist ihrem Wesen nach instabil, denn sie kann, bei ihrer geringen Dichte, nicht wie ein starrer Körper rotieren, und ihre langsamer bewegten äußeren Schichten werden daher auf die inneren Schichten durch Reibung eine bremsende Wirkung ausüben, die letztere schließlich zum Einsturze in die Sonne bringen muß, während sie selbst eine Beschleunigung erfahren, die sie in immer größere Entfernungen von der Sonne wegtreibt, so daß nach einer gewissen Zeit das ganze Gebilde verschwinden muß. Aus demselben Grunde, nämlich der ihr innewohnenden Instabilität, kann diese Hülle auch nicht von selbst entstanden sein, sondern muß entweder durch einen katastrophalen Prozeß, wie etwa eine durch einen dritten Körper hervorgerufene Flutwelle, oder was der Verfasser für wahrscheinlicher hält, durch Einfangen durch die im Werden begriffene Sonne von in der interstellaren Materie immer vorhanden gewesener und auch noch heute vorhandener «Turbulenzelementen» entstanden sein. Die ursprünglich vermutlich zum Teil stark elliptischen Bahnen dieser Turbulenzelemente sind dann

n Laufe der Zeit durch Reibung in nahezu kreis-rmige Bahnen verwandelt worden. Eine genauere echnung zeigt, daß die Hülle zur Zeit ihrer vollen ntwicklung, als sie sich einem Gleichgewichtszustande n stärksten genähert hatte, die Gestalt einer ganz innen Scheibe gehabt haben muß. Da der Gasdruck ihr immer nur eine ganz untergeordnete Rolle ge-ielt haben kann, bewegten sich die einzelnen Teil-en dieser Hülle im wesentlichen unter dem Einfluß r von der Sonne ausgehenden Gravitationskraft, und ist daher durchaus möglich, daß sich in ihr mit der it reguläre Strömungen ausgebildet haben könnten. amit solche Strömungen einigermaßen von Bestand in können, müssen die einzelnen an ihnen teilneh-enden Teilchen lauter KEPLERsche Ellipsen um die nne beschreiben, die zu ihrem Bestehen keine Ener-ezufuhr von außen brauchen, und zwar von nahezu eicher Periode (falls die Strömung mehrere Umläufe erleben soll), also auch von derselben großen Achse. a die Bewegungen praktisch in einer Ebene erfolgen, nnen sich die Bahnen der einzelnen Teilchen also nur rch ihre Exzentrizitäten unterscheiden, die auch alle nterhalb einer gewissen Grenze liegen. Betrachten ir nun die *relative* Bewegung eines eine schwach ex-ntrische Bahn beschreibenden Teilchens in bezug f ein Teilchen, das eine streng kreisförmige Bahn um e Sonne beschreibt, so werden beide Teilchen, in itabständen, die ihrer gemeinsamen Umlaufsperiode eich sind, immer wieder in derselben Konfiguration einander stehen. Da sich nun aber das Teilchen in r Kreisbahn natürlich gleichmäßig bewegt, während s die Ellipse beschreibende Teilchen im Perihel (also enn es sich innerhalb des Kreises befindet) schneller ft und das «Kreisteilchen» somit überholt, in seinem phel aber, in dem es sich langsamer bewegt, hinter esem zurückbleibt, wird seine relative Bewegung in zug auf das die Kreisbahn beschreibende Teilchen genscheinlich durch eine um letzteres beschriebene schlossene Kurve gegeben, die das Teilchen in dem r Gesamtdrehung *entgegengesetzten* Sinne durch-uft. Die genaue Rechnung zeigt, daß diese relative ahn bei sehr kleinen Exzentrizitäten eine Ellipse ist, e sich aber für wachsende Exzentrizitäten immer ehr deformiert und die Gestalt einer bohnenförmi-n Figur, wie sie in der Abb. 5, auf die wir gleich zu rechen kommen werden, dargestellt sind, annimmt. iese Kurven genügen einer sehr merkwürdigen Be-ingung, die zwar nur genäherten Charakter besitzt, s zu Werten der Exzentrizitäte von etwa $\frac{1}{3}$ aber it einer Genauigkeit von etwa 98% erfüllt ist. Be-eichnen wir mit χ den Winkel, unter dem eine solche ohnenförmige Figur vom Mittelpunkte (der Sonne) s erscheint, so gilt mit der erwähnten Genauigkeit

$$e = \sin \chi/4. \qquad (3)$$

aben wir also einen Schwarm von Teilchen, die sich der Umgebung des «Kreisteilchens» in nicht sehr stark elliptischen Bahnen bewegen, so kann ihr Bewegungszustand relativ zu diesem als ein *rückläufiger Wirbel* beschrieben werden, dessen Mittelpunkt sich rechtläufig und gleichmäßig in einem Kreise um die Sonne bewegt, und ein solcher Wirbel kann unbeschränkt lange Zeit bestehen bleiben, weil seine Bewegung, wie bereits hervorgehoben, zu ihrer Aufrechterhaltung keine Energiezufuhr von außerhalb erfordert. Eine Störung dieser Wirbelbewegung kann daher nur seitens anderer Wirbel oder einzelner frei herumfliegender Teilchen erfolgen. Es kann nun auf Grund energetischer Überlegungen gezeigt werden, daß solche Teilchen im allgemeinen nur dann in den Wirbel eingebaut werden können, wenn ihr Drehimpuls kleiner als der Drehimpuls der äußersten Teilchen des Wirbels ist, die die exzentrischsten Bahnen beschreiben und daher den kleinsten Drehimpuls haben. Was daher geschehen muß, ist leicht zu übersehen: solange ein Wirbel sehr klein ist, wird er durch Angliederung fremder Teilchen schnell wachsen können, denn alle seine Teilchen beschreiben nahezu kreisförmige Bahnen, haben also den für ihre Energie denkbar größten Drehimpuls und können daher sehr viele Teilchen mit kleinerem Drehimpulse binden. Dieses Wachstum wird aber eine gewisse Grenze nicht überschreiten können, die einer bestimmten maximalen Exzentrizität e_{max} entsprechen wird, und wenn dieses e_{max}, was plausibel erscheint, von der Entfernung des Wirbels von der Sonne unabhängig ist, wird ein vollausgebildeter Wirbel in jeder Entfernung von der Sonne aus unter einem und demselben, durch Formel (3) bestimmten Winkel erscheinen. Auf einem gegebenen Kreise können mehrere Wirbel um die Sonne herumlaufen, da ihre Bahngeschwindigkeiten dann gleich sind und sie sich niemals einholen, wenn sie sich aber auf etwas verschiedenen Kreisen bewegen, dann werden sie über kurz oder lang einmal zusammenstoßen müssen. Was geschieht nun in einem solchen Falle? Zu einem einzigen Wirbel können sie sich meistens, wie wir gesehen haben, nicht verbinden, aber sie können auch nicht ungestört durcheinander hindurchgehen, weil die freie Weglänge in einem Gase, bei einer Dichte von 10^{-9} g/cm^3, von der Größenordnung von nur etwa 1 cm ist. Es bleibt den Wirbeln also nichts anderes übrig, als einander auszuweichen. Das Ergebnis wird sein, daß die auf einem Kreise laufenden Wirbel vermutlich bis zu ihrer gegenseitigen Berührung anwachsen werden, und sich durch Ausweichen vor Wirbeln, die auf anderen Kreisen liefen, um die Sonne in einem System von *Wirbelringen* anordnen werden, wie das in Abb. 5 andeutungsweise dargestellt ist. Die zwischen einem System von konzentrischen Kreisen angeordneten Wirbelringe muß man sich in Bewegung vorstellen, und zwar laufen die einzelnen Wirbel im entgegengesetzten Uhrzeigersinne mit vom Mittelpunkte nach außen abnehmenden Geschwindigkeiten, während die eigentliche Wirbelbewegung in ihnen mit derselben jeweiligen Periode,

aber rückläufig, d. h. im Uhrzeigersinne, erfolgt. Diese Bewegungen verlaufen im allgemeinen überall ganz regulär, mit Ausnahme der obenerwähnten Einrahmungskreise, die die verschiedenen Wirbelringe voneinander trennen. Hier erfolgt die Bewegung der die aneinander stoßenden Wirbel bildenden Teilchen zwar in derselben Richtung, aber mit verschiedenen Geschwindigkeiten, weil die Teilchen des äußeren Wirbels in ihrem Perihel, die des inneren in ihren Aphel

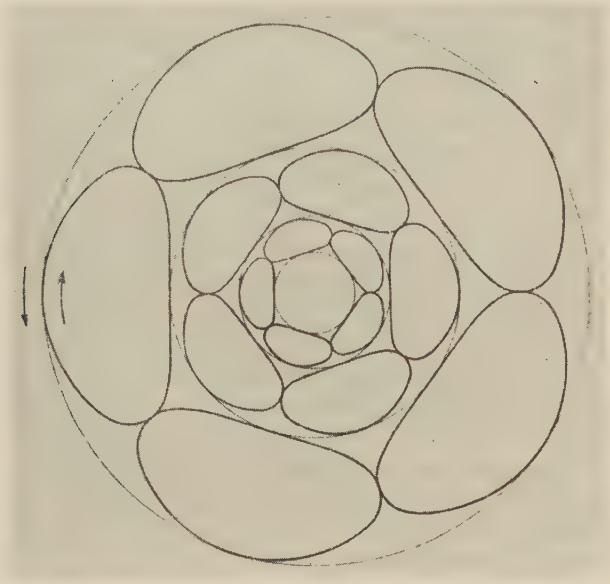


Abb. 5. System von Konvektionswirbeln in der Gashülle um die Sonne zur Zeit der Entstehung der Planeten. Der äußere Pfeil deutet die Gesamtrotation der Gashülle, der innere den Drehsinn der Wirbel an. Im gemeinsamen Mittelpunkt ist die Sonne zu denken.
(C. F. v. Weizsäcker, Über die Entstehung des Planetensystems, Zeitschrift für Astrophysik, Bd. 22, 5 (Schluß)-Heft, S. 339, Abb. 2, Dezember 1943.)

sind und daher langsamer laufen als erstere. Die Geschwindigkeitsdifferenzen betragen in der Entfernung der Erde von der Sonne etwa 10 km/sec, in der Entfernung des Jupiter immer noch etwa 3 km/sec. An diesen Kreisen müssen sich also kleine rechtläufige «Kugellagerwirbel» ausbilden, die aber keine Tendenz zeigen werden, stark zu wachsen, da man keine stabilen rechtläufigen Wirbel aus Keplerschen Ellipsenbewegungen aufbauen kann. Aber die an den Einrahmungskreisen stattfindende turbulente Bewegung wird das Aufeinanderprallen von Kondensationsteilchen, und damit die Bildung von Brocken und schließlich von größeren Planeten begünstigen. Nun befolgen aber die Radien dieser Kreise ein einfaches Gesetz: zwei aufeinanderfolgende Radien verhalten sich augenscheinlich zueinander wie die Apheldistanz zur Perihel-distanz der Ellipsen größter Exzentrizität, welche in einem Wirbel vorkommen dürfen, d. h. es ist:

$$r_{n+1} : r_n = \frac{1+e_{\max}}{1-e_{\max}} = \varepsilon \qquad (4)$$

und wenn das $e_{\max}$ wirklich von der Entfernung unabhängig ist, wird ε eine Konstante sein. Wir können daher die Entfernung des n-ten Planeten von der Sonne in der Form schreiben:

$$r_n = r_0 \cdot \varepsilon^n \qquad (5)$$

und dies ist, wie ein Vergleich mit Formel (1) zeigt, bis auf das kleine Korrektionsglied 4, das mit zunehmender Entfernung von der Sonne immer bedeutungsloser wird, nichts anderes, als die Bodesche Beziehung, die somit hierdurch zum ersten Male eine physikalisch sinnvolle Deutung erhält. In der Originalformel von Bode war allerdings $\varepsilon = 2$, was nach Formeln (4) und (3) den Werten $e_{\max} = 1/3$ und $\chi = 19{,}4^0$ entspricht, so daß die Anzahl der Wirbel in einem Ringe keine streng ganzzahlige wäre, doch ist letzteres durch eine ganz geringfügige Änderung des numerischen Wertes dieser Konstanten leicht zu erreichen. Man braucht nämlich nur $\varepsilon = 1{,}9$ zu setzen, dann ergibt sich aus Formel (4) $e_{\max} = 0{,}31$ und aus (3) $\chi = 18^0$, so daß die Anzahl der Wirbel in jedem Ringe genau gleich 5 wird. Die so geheimnisvolle Ganzzahligkeit ist also hier als Ausdruck für das Bestehen regelmäßiger Strömungen in einem Kontinuum aufzufassen, und das Problem hat daher, wie v. Weizsäcker hervorgehoben hat, eine gewisse, nicht bloß äußerliche Ähnlichkeit mit den ganzzahlig gequantelten Bohrschen Bahnen der älteren Atomtheorie, die sich ja, im Lichte der Wellenmechanik, auch nur als der Ausdruck für gewisse Eigenschwingungen eines Kontinuums erwiesen haben — trotzdem das Plancksche Wirkungsquantum mit dem Aufbau des Planetensystems natürlich nicht das geringste zu tun haben kann. Auf weitere Einzelheiten der v. Weizsäckerschen Theorie, die sicher einen bedeutenden Fortschritt über alle früher aufgestellten Theorien des Planetensystems darstellt, wenn sie auch noch gewisse Unvollkommenheiten aufweist, können wir hier nicht näher eingehen; es sei nur noch beiläufig erwähnt, daß auch die in den Satellitensystemen festgestellten Regelmäßigkeiten durch diese Theorie weitgehend erklärt werden können — die Satelliten müssen nämlich aus den obenerwähnten «Kugellagerwirbeln» entstanden sein, woraus sich z. B. die Komplanarität ihrer Bahnen und der rechtläufige Sinn ihrer Bewegung in zwangsloser Weise ergibt.

Wir verlassen nun das Gebiet der speziellen kosmogonischen Probleme, um uns zum Schlusse noch einen Augenblick dem allgemeinen kosmogonischen Problem der Entstehung der Materie überhaupt zuzuwenden. Von der rein astronomischen Seite her ist dieses Problem wohl als unlösbar zu bezeichnen, und es hat daher, je mehr die Astronomie zu einer streng wissenschaftlichen Disziplin wurde, in immer abnehmendem Maße die Aufmerksamkeit ihrer Vertreter auf sich gelenkt. Erst in allerjüngster Zeit hat dieser Sachverhalt eine radikale Änderung erfahren, indem der Astro-

mie auf diesem Gebiete ein mächtiger und berufener ndesgenosse in der modernen Atomphysik entstan- n ist. Seitdem die neuere Atomtheorie nicht nur rwandlungen gewisser Atomarten in andere prak- ch zu realisieren gelehrt hat, sondern auch einen ammbaum der uns bekannten Atome aufzustellen der Lage war, ist gerade in ihr mit vollem Bewußt- n die kosmogonische Frage nach dem Woher dieser sere materielle Welt heute ausmachenden Gebilde stellt worden. Und da hat es sich zur allgemeinen erraschung erwiesen, daß weder die Physik noch die tronomie in dem ganzen unserer Erkenntnis heute gänglichen Universum einen Ort anzugeben vermag, sich die zur Bildung der Atome, aus denen unsere elt besteht, führenden, allerdings hypothetischen ozesse abspielen könnten. An dieser Stelle kann nun e moderne Astronomie ihrerseits in fruchtbarer Weise die Diskussion eingreifen, indem sie unter Berufung f eine von ihr vor etwa zwanzig Jahren gemachte ntdeckung, wenigstens in der Vergangenheit auf en Zeitpunkt hinweisen kann, in dem die Welt ver- ntlich eine so völlig andere Beschaffenheit besessen ben muß, daß die von der Physik für die Entstehung n Atomen verlangten Bedingungen sehr wohl ver- rklicht gewesen sein könnten. Diese Entdeckung zieht sich auf die sogenannte *Flucht der Außergalak- chen Nebel*, eine Erscheinung, die darin besteht, daß e in den Spektren dieser Gebilde beobachteten sehr trächtlichen Rotverschiebungen aller Spektrallinien, Dopplereffekte gedeutet, lauter Entfernungs- wegungen von uns ergeben, und zwar mit Geschwin- gkeiten, deren absolute Beträge mit den Entfer- ngen der betreffenden Objekte linear zunehmen UBBLEsches Gesetz), von rund 100 km/sec für die s am nächsten benachbarten Galaxien, bis zu dem geheuren Betrage von über 40000 km/sec für die nsten Objekte, deren Radialgeschwindigkeiten noch messen werden konnten. Das System der Galaxien acht also den Eindruck einer geplatzten Bombe, de- n Stücke mit verschiedenen Geschwindigkeiten in n Raum herausgeschleudert worden sind, so daß e am schnellsten bewegten heute auch am weitesten Raume zerstreut sind. Schon aus dem linearen aarakter des HUBBLEschen Gesetzes geht hervor, daß e diese riesigen Massen zu einer bestimmten Zeit f engstem Raume zusammengedrängt gewesen sein üssen, und die Berechnung gibt für die seit diesem stande verflossene Zeit den auffallend kleinen, mit r aus physikalischen Gründen für die Lebensdauer es Sternes zu postulierenden Zeit durchaus ver- eichbaren Wert von 10^9 bis höchstens 10^{10} Jahren. ei der für die Zeit dieses «Weltanfanges» anzunehmen- n unvorstellbaren Zusammenballung der Materie, scheinen atombildende Prozesse durchaus als mög- h, also Prozesse von einem Energiereichtum, der ch die Explosion und die als ihre Folge auftretenden sigen Geschwindigkeiten der entferntesten Galaxien als begreiflich erscheinen läßt. Natürlich können wir diese Prozesse mit den uns heute zur Verfügung stehenden theoretischen Hilfsmitteln noch nicht in befriedigender Weise beschreiben, und noch weniger können wir eine Antwort auf die Frage geben, was vor diesem Zeitpunkte, den wir vorläufig als den Zeitpunkt der Entstehung unseres materiellen Weltalls betrachten müssen, vorhanden war. Aber die Tatsache, daß sowohl die physikalische als die astronomische Forschung auf einen solchen Zeitpunkt hinzuweisen scheint, bildet zweifellos das wichtigste konkrete Ergebnis, das jemals in der allgemeinen Kosmogonie erreicht worden ist.

Es ist im Zeitalter der Relativitätstheorie und der Quantenmechanik kaum verwunderlich, daß auch die kosmologische Spekulation sich dieser höchst merkwürdigen Tatsachen sofort bemächtigt hat, und aus ihnen, wie es ihrer Grundeinstellung entspricht, die weitestgehenden verallgemeinernden Schlüsse gezogen hat. Der Kosmologie war es inzwischen recht schlecht ergangen. Nach einem langen Stagnieren, war sie in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durch die Bemühungen von SEELIGER und C. NEUMANN zu gewissen wichtigen, jedoch rein negativen Ergebnissen gekommen, nämlich daß eine statische Welt im unendlichen euklidischen Raume aus nach dem NEWTONschen Gesetze gravitierender Materie nicht aufgebaut werden kann. Diese Schwierigkeit konnte allerdings vermieden werden, erstens durch einen ziemlich künstlich erscheinenden «hierarchischen» Aufbau der Welt aus einander übergeordneten Systemen immer abnehmender mittlerer räumlicher Dichte, so daß diese Dichte zwar für jedes endliche Raumgebiet endlich bleibt, für den ganzen unendlichen Raum aber dem Werte Null zustrebt, und zweitens durch eine kleine Abänderung des NEWTONschen Gravitationsgesetzes. Es ist bekannt, daß es EINSTEIN in Verfolgung dieses letzteren Gedankens später gelungen ist, durch Hinzufügung eines «kosmologischen Gliedes» in seinen Feldgleichungen, das die doppelte Wirkung einer Abänderung des Gravitationsgesetzes und der Einführung einer Raumkrümmung hat, eine in einem geschlossenen Raume ruhende Materieverteilung mit überall konstanter räumlicher Dichte, also eine geschlossene, sphärische oder elliptische, statische Welt zu konstruieren.

Bis dahin waren die Berührungspunkte zwischen Kosmologie und Kosmogonie nur wenig zahlreich gewesen, was wegen der Verschiedenheit der von beiden Disziplinen verfolgten Ziele nicht verwunderlich erscheint. Während letztere das Werden im Weltall in allen seinen Äußerungen untersucht und sich mühsam in zahllose Einzelprobleme vertieft, strebt erstere durch kühne Extrapolationen nach einem Erfassen des sozusagen zeitlosen Aufbaus der Welt und kennt außer diesem allumfassenden Problem überhaupt keine Einzelprobleme. Natürlich konnte die Kosmologie die zahl-

reichen Wandlungsprozesse, die die Kosmogonie in der Welt festgestellt hatte, nicht völlig ignorieren, sie betrachtete aber das Werden und Vergehen der einzelnen astronomischen Gebilde gewissermaßen sub specie aeternitatis, als einen nie aufhörenden, sich ständig gleichbleibenden Prozeß, als ein Beharren im Wandel. Durch die Entdeckung der Fluchterscheinung der Außergalaktischen Nebel wurde aber auch für sie die Situation mit einem Schlage eine andere: das Moment des Statischen schien, falls man aus den Erfahrungstatsachen aufs Ganze schließen wollte, aus der Welt überhaupt für immer verbannt zu sein und nur noch zeitlich veränderliche (allenfalls periodische) Lösungen in Frage zu kommen. Die reine Beobachtungstatsache einer allseitigen Flucht der Galaxien konnte und mußte, um als Weltprinzip hingestellt werden zu können und eine Auszeichnung der zufälligen Lage unseres eigenen Galaktischen Systems auszuschließen, als allgemeine Expansion des Systems der Galaxien gedeutet werden. Die Verallgemeinerung dieser Erscheinung auf die ganze Welt, durch die allein sie zur Grundlage für kosmologische Betrachtungen werden kann, stellt das sogenannte Homogenitätsprinzip oder Kosmologische Prinzip dar, auf dem sich alle heute vorgeschlagenen Kosmologien aufbauen und welches die Forderung enthält, daß der gesamte zeitliche Verlauf im Weltsystem, dessen Molekeln die einzelnen Galaxien sind, sich von jeder von ihnen aus gesehen, in genau gleicher Weise abspielen soll. Es ist hier nicht der Platz, auf die wahrhaft großartigen Konzeptionen einzugehen, zu denen die Anwendung dieses Prinzips geführt hat, wie die auf der allgemeinen Relativitätstheorie fußende Theorie des expandierenden Weltalls von FRIEDMANN und LEMAÎTRE, oder die zweite, kinematische, Kosmologie von E. A. MILNE, die allein vom kosmologischen Prinzip und der Forderung der Invarianz gegenüber der LORENTZ-Transformation ausgehend, auf deduktivem Wege eine ganz neue Mechanik, Gravitationstheorie und Elektrodynamik zu begründen unternimmt[1]. Solche Versuche mögen manchem als zu «phantastisch» erscheinen; wer aber von der segensreichen Wirkung für die Wissenschaft des im tiefsten Inneren des menschlichen Geistes wurzelnden, unwiderstehlichen Dranges zur Synthese überzeugt ist, wird nicht umhin können, mit dem allergrößten Interesse das spannende Wechselspiel zwischen diesen beiden so ungleichen Schwesterwissenschaften zu verfolgen, der an Jahrhunderten jüngeren, aber vorsichtig abwägenden, jeder überstürzten Verallgemeinerung abholden Kosmogonie, und der zwar älteren, doch ewig jungen und begeisterungsfähig gebliebenen Kosmologie.

[1] Eine vorzügliche Darstellung des derzeitigen Standes der kosmologischen Spekulationen hat O. HECKMANN in seiner Monographie «Theorien der Kosmologie» (Fortschritte der Astronomie, Nr. 2, Springer, Berlin [1942]) gegeben, wo auch die gesamte einschlägige Literatur zitiert ist.

L'évolution de la formule chromosomiale chez les Vertébrés

Par R. MATTHEY, Lausanne

1. Les lois générales de l'évolution chromosomique

Fixons tout d'abord la marche des idées au cours de ces vingt dernières années. Dans son magistral traité de Cytologie, somme de la science de son temps, WILSON (1925), examinant comment la formule chromosomiale a varié et varie, d'une espèce à l'autre, invoque les mécanismes suivants:

1° Réduction graduelle de taille et disparition.
2° Anomalies mitotiques, telles que non-disjonction.
3° Polyploïdie.
4° Fusion *(linkage)* selon le type robertsonien.
5° Fragmentation, le meilleur exemple en étant le passage d'un type $X-O$ à un type $X-X$ «*compound*».
6° Mutation brusque, réduplication.
7° Hybridation.

En 1940, WHITE, s'inspirant de MÜLLER (1940), et laissant de côté la polyploïdie, propose le tableau que voici:

1° Mutation génique.
2° Réorganisation segmentaire, avec les modalités suivantes:
A) Inversion –
a) péricentrique, c'est-à-dire incluant le centromère;
b) paracentrique, c'est-à-dire excluant le centromère.
B) Translocation –
a) «*shift*», transport en une position nouvelle d'un segment de chromosome brisé en trois;
b) insertionelle; un segment d'un chromosome brisé en trois, s'intercale entre les deux segments d'un non-homologue brisé en deux;
c) mutuelle; les portions terminales de deux chromosomes non-homologues sont échangées après rupture de ceux-ci.

Si nous comparons ces deux tableaux, nous voyons que les cas 4 et 5 de WILSON ont disparu. WHITE, cependant, insiste sur la fusion de deux chromosomes en I en un chromosome en V (type robertsonien), ce qu'il conçoit comme un phénomène de translocation mu-

quelle. D'autre part, en raison des propriétés très spéciales des extrémités chromosomiques (télomères), il coute que les destructions, les inversions et les translocations terminales aient pu jouer un rôle dans l'évolution chromosomiale.

C'est sur l'importance des phénomènes de «fusion-fragmentation» que je désire m'étendre ici. Historiquement et schématiquement, il s'agit d'une notion qui dérive de la constatation suivante: dans un groupe donné, la longueur totale des chromosomes aboutés est approximativement la même; par conséquent, si un animal de ce groupe possède 48 chromosomes et un autre 54, nous fixerons, en nous basant sur tous les critères que peuvent nous fournir la Zoologie systématique, l'Anatomie comparée et la Paléontologie, laquelle de ces formules est vraisemblablement primitive, et nous en déduirons l'autre par fusion (si le nombre le plus élevé a paru répondre aux conditions ancestrales), par fragmentation si, au contraire, c'est le chiffre le plus bas que nous avons été amenés à considérer comme fondamental. Cette conception est basée sur un certain nombre de postulats implicitement admis: le plus important concerne la fragmentation; c'est l'idée que *si un chromosome donne, par exemple, quatre fragments, ces fragments continuent à se comporter comme le chromosome primitif, qu'ils sont capables de se dissurer en chromatides, et que ces chromatides peuvent, au cours de la mitose, être régulièrement distribuées aux cellules-filles*

L'importance des processus de fusion a été mise, dès 1916, en évidence par ROBERTSON. Cet auteur montra que, chez les Orthoptères sauteurs, les chromosomes en *V* devaient être considérés comme résultant de la fusion apicale de deux chromosomes en *I* (bâtonnets) non-homologues. Ce type de variation a été rencontré au sein d'une même espèce ou d'un même genre; et, très souvent, il permet de relier en un schéma commode des catégories systématiques supérieures, par exemple des familles (fig. 1).

Pour l'instant, examinons seulement des exemples proposés par ROBERTSON lui-même: chez les *Tettigoniidæ* où le nombre 2N typique est de 32 (♀), il existe des espèces où ce nombre est abaissé à 30. Mais, alors que chez les espèces à 32 éléments, ceux-ci sont tous des «bâtonnets», il y a 2 *V* chez les formes où ne se rencontrent que 30 chromosomes. Il en est de même chez les Acridiens: la plupart des *Stenobothrus* ont 20 chromosomes en *I* (♀); dans les espèces où ce nombre est abaissé à 18, on constate de nouveau l'existence de 2 *V*. D'où la conclusion que chaque *V* se forme par fusion apicale de deux éléments en «bâtonnets». Cette conception qui s'est vérifiée dans un nombre considérable de cas repose, elle aussi, sur une hypothèse implicite: *l'existence de chromosomes à attachement strictement terminal* (*télomitiques*).

Aussi, et malgré l'évidente valeur explicative de l'hypothèse de ROBERTSON, sommes nous contraints, avant d'examiner dans quelle mesure cette hypothèse peut s'appliquer au cas des Vertébrés, de reprendre les deux postulats énoncés ci-dessus et d'en éprouver la validité. Ces deux postulats,

a) *des fragments de chromosomes peuvent se comporter comme des chromosomes,*
b) *l'attachement des chromosomes peut être strictement terminal,*

doivent être étudiés en fonction de l'idée qu'on se fait d'une différenciation essentielle du chromosome, le

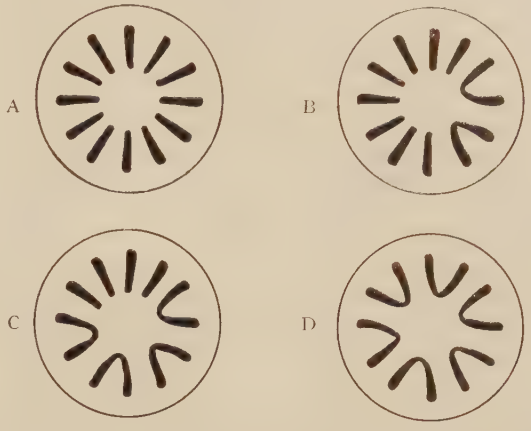


Fig. 1. Comment, selon l'hypothèse de ROBERTSON, peut évoluer la formule chromosomiale d'un animal ayant un nombre diploïde de 12: A) 12 *I*; B) 2 *V* et 8 *I*; C) 4 *V* et 4 *I*; D) 6 *V*.

centromère ou kinétochore, c'est-à-dire le point d'attachement aux fibres fusorielles. Nous savons en effet que cet organite joue un rôle essentiel, non pas dans la division du chromosome qui est un processus autonome, mais dans la distribution des chromosomes-filles aux deux pôles de la cellule: le centromère est le seul dispositif qui assure l'accrochement des chromosomes métaphasiques aux fibres du fuseau et, par conséquent, une répartition anaphasique correcte.

La connaissance de cette fonction nous fait immédiatement rejeter notre premier postulat. Les expériences d'irradiation ont permis, depuis vingt ans, d'étudier le comportement de fragments chromosomiques; ceux de ces fragments qui sont acentriques (dépourvus de centromère) sont, dans la règle, incapables de participer à l'ascension polaire; ils demeurent dans le plan équatorial et sont finalement lysés. Les exceptions à cette règle sont rares bien que CARLSON (1938) ait observé, dans certains cas, un comportement mitotique quasi normal de la part de tels fragments. Nous pouvons d'autre part concevoir que les chromosomes polycentriques dont nous parlerons plus bas puissent, eux aussi, fournir des fragments viables.

Au point de vue morphologique, le centromère est généralement décrit comme un étranglement du chromosome, la «primar constriction» de DARLINGTON, inséré entre deux bras de longueur variable. Mais cet aspect, surtout patent lorsqu'on s'adresse à des cellules

végétales, dépend dans une large mesure du mode de fixation. Nous devons à SCHRADER (1936, 1939) de remarquables investigations d'où il résulte que le centromère figure en réalité un granule logé au fond d'une «coupe commissurale» et en relations de continuité avec le chromonema, filament axial du chromosome (fig. 2).

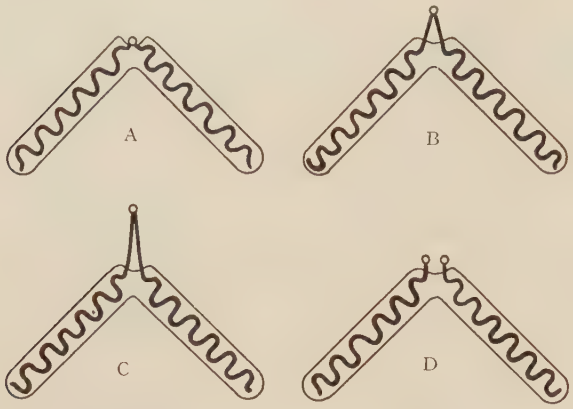


Fig. 2. Les relations du centromère avec le chromosome: A) type *Amphiuma*; B) type *Zea*; C) type *Tradescantia* (d'après SCHRADER, 1939); D) type présumé pour les *V* à double centromère.

Chimiquement, le centromère se colore par la méthode de FEULGEN (PROPACH, 1940); il se colore en noir par l'hématoxyline ferrique après fixation aux liquides osmiés et différenciation très poussée (MINOUCHI, 1928, MATTHEY, 1936, SCHRADER, 1936); il peut encore être mis en évidence par des méthodes mitochondriales (SCHRADER, 1936). Il possède donc une série de réactions tinctoriales dont l'ensemble lui est propre, mais dont aucune, prise séparément, n'est caractéristique; ce fait atteste, d'une part, l'autonomie du centromère, d'autre part, sa parenté avec d'autres constituants cellulaires, chromomères, centrosomes, composants du chondriome.

Nombre de centromères par chromosome: dans la conception actuelle, il y a, typiquement, un centromère par chromosome. Il existe cependant des chromosomes polycentriques, le cas le plus connu étant celui de l'*Ascaris megalocephala*. WHITE (1936), reprenant une suggestion de PAINTER (1935) et de SCHRADER (1935), a montré qu'il y avait, chez ce Nématode, un grand nombre de centromères distribués dans toute la région centrale du chromosome (fig. 3).

ROBERTSON (1916) a d'autre part soutenu que les «véritables» chromosomes en *V* possèdent deux centromères séparés par une constriction apicale, ces caractéristiques étant la preuve de la nature bivalente de ces chromosomes. Cette affirmation, étayée par de nombreux dessins, semble avoir été généralement révoquée en doute, ou passée sous silence par les cytologistes modernes: seul, WHITE (1936) s'exprime à ce sujet en disant qu'on ne sait pas très bien si ces éléments en *V* ont un seul centromère, ou deux centromères très rapprochés. MATTHEY (1938), discutant le cas du *Gerrhonotus scincicauda* étudié par lui en 1931 et 1933, Lézard qui possède, tantôt 20 éléments dont deux *V*, tantôt 21 chromosomes dont un seul *V*, tantôt 22 chromosomes télomitiques, en arrive à la conclusion que l'élément à insertion médiane est doté de deux centromères; ces constatations n'ont pas retenu l'attention, et ce, pour des raisons qui vont apparaître maintenant.

Position du centromère: les cytologistes, influencés surtout par les faits tirés de l'étude des végétaux, admettent actuellement que tout chromosome possède deux «bras», ce qui veut dire que le centromère est toujours intercalaire. Il y a là un véritable «credo» qui ne me semble nullement justifié. Dès 1928, MINOUCHI a coloré le centromère des Rongeurs par l'hématoxyline et montré que, chez le Rat, tous les chromosomes avaient un attachement terminal. J'ai répété ces observations en 1936 et 1938 et j'ai pu donner, chez la Souris, des figures absolument univoques démontrant le caractère télomitique de l'insertion. En ce qui concerne le Rat, l'inexistence d'un bras court pour les chromosomes sexuels est facile à démontrer à condition que le matériel ait été convenablement fixé (MATTHEY, 1938, *contra* KOLLER et DARLINGTON, 1934). J'ai parlé d'un «credo» et le mot me semble bien choisi: les affirmations relatives à la position intercalaire ont le plus souvent un caractère légérement

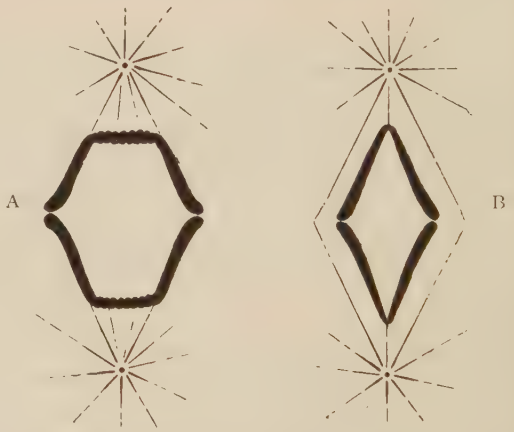
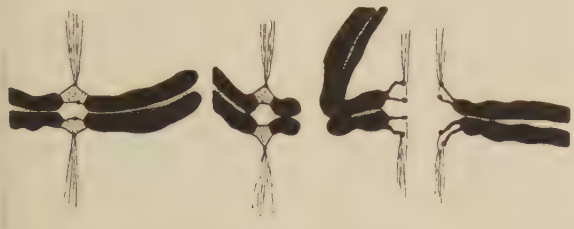


Fig. 3. Comportement anaphasique d'un chromosome atélomitique: A) type polycentrique: *Ascaris* (d'après WHITE, 1936); B) type habituel monocentrique.

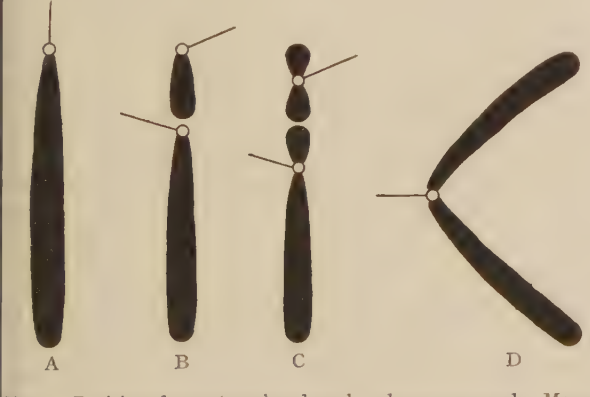
dogmatique mais laissent transparaître un doute intérieur plus ou moins fort. C'est ainsi que si, chez GEITLER (1934), le manque de conviction ne se traduit guère que par l'accumulation des «scheinen», comme le montre la citation que voici: «Manche Chromosomen scheinen terminale Insertion zu besitzen, erscheinen also einarmig...; genaue Beobachtungen scheinen aber zu zeigen, daß es wirkliche Endständigkeit der Anheftungsstelle nicht gibt, sondern daß in solchen Fällen ein winziger knopf- oder punktförmiger Arm vorhanden ist...», SHARP (1934) ne nie pas la possibilité

'un attachement strictement terminal: «It has been eld by certain investigators that all chromosomes are robably two-armed, telomitic ones having an ex-remely minute second arm which easily escapes ob-ervation. Supposedly telomitic chromosomes have



ig. 4. Attachement submédian, subterminal et «apparemment rminal» (!) des chromosomes de *Trillium grandiflorum* (d'après SHARP, 1934).

een seen shown in some instances to have their at-achment region slightly back from the end, and in ther cases a minute body seen at the end may re-present the second arm; but that strictly one-armed hromosomes do not exist is at present improbable.» 'effet de cette dernière phrase me semble pourtant ompromis par la double négation qu'elle renferme et urtout par la légende de la figure 63 que je reproduis i (fig. 4) et où il est question d'un attachement «ap-arently terminal». Dans son traité de Cytologie, DARLINGTON (1937) parlant de la position du centro-nère et des autres constrictions, s'exprime en ces ter-nes: «Both are usually intercalary, and it is doubtful ether they can ever be terminal.» Mais, plus tard 1938), et au vu des résultats d'UPCOTT, le même auteur crira: «It is then seen that such misdivision of an ntercalary centromere can give rise to two new chro-



ig. 5. Position du centromère dans les chromosomes des Mammi-ères: A) Souris (d'après MATTHEY, 1936); B) Rat, hétérochromo-omes, d'après MINOUCHI (1928), MATTHEY (1938); C) id., d'après KOLLER et DARLINGTON (1934); D) chromosome en *V* (MINOUCHI, 1928).

mosomes each with a centromere which is of necessity erminal.»

Remarquons que plusieurs auteurs insistent sur le ait que le bras court peut être représenté par un minute body», par «ein winziger ... punktförmiger Arm»; ceci veut dire que, dans le cas de la Souris, par exemple, le point noir rigoureusement terminal que j'ai mis en évidence et que je considère comme le centromère, est en réalité le bras court (fig. 5). Telle est, pour ne citer qu'une interprétation de ce type, la description que REISINGER (1940) donne des chromosomes de *Bothrioplana*. Cette conception se heurte à deux objections graves: a) si le «bouton» correspond à un bras court et non au centromère lui-même, pourquoi ne se colore-t-il pas comme le bras long? b) dans les chromosomes en *V* de divers Mammifères, MINOUCHI (1928) a mis en évidence un centromère médian qui se colore exactement comme la formation terminale des chromosomes télomitiques dont il est, par conséquent, l'homologue. WHITE (1935), dans un intéressant travail, donne des chromosomes de *Locusta migratoria*, apparemment tous télomitiques, le schéma suivant (fig. 6). Il voit dans les points terminaux des trabants

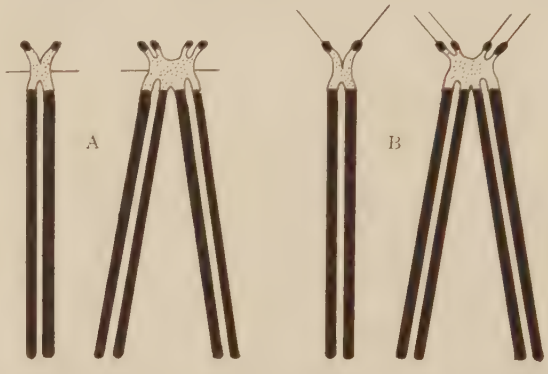


Fig. 6. Chromosomes et diplochromosomes de *Locusta migratoria*: A) d'après WHITE (1935); B) d'après l'hypothèse développée dans le présent article.

(= bras courts) et fait de l'étranglement sub-apical le centromère. Or, après irradiation, WHITE obtient des diplochromosomes: le chromosome s'est divisé, mais non le centromère. Et WHITE donne de ces diplochromosomes en *V* une représentation identique à celle que ROBERTSON propose pour ses «véritables» *V*, à condition que nous admettions, ce qui est à mon avis logique, que les trabants de l'auteur anglais sont en réalité les véritables centromères. WHITE aurait donc obtenu expérimentalement des chromosomes en *V* qui ne diffèrent de ceux de ROBERTSON qu'en ce que les deux bras sont ici homologues et non hétérologues. Et ces chromosomes en *V* sont munis de deux centromères.

Ceci m'amène tout naturellement à parler des travaux récents de UPCOTT et DARLINGTON. En 1937, le premier de ces auteurs montra que le centromère des univalents pouvait, chez *Tulipa*, se diviser transversalement, ce qui réalise en somme le processus inverse de celui postulé par ROBERTSON, soit la fragmentation d'un *V* en deux *I*, l'attachement de ces derniers étant nécessairement télomitique (fig. 7). Le phénomène a été retrouvé chez *Fritillaria*, chez *Pisum*, et donne l'expli-

cation d'une observation de McCLINTOCK (1938) qui, chez *Zea*, avait obtenu, après irradiation, deux fragments mobiles aux dépens d'un seul chromosome, ce qui est incompréhensible si le centromère n'a pas été partagé entre ces deux fragments. Les résultats de UPCOTT et de DARLINGTON ne paraissent pas contestables bien que SCHRADER (1939) et PROPACH (1940) émettent quelques réserves au sujet de l'interprétation des cytologistes anglais.

En somme, et après avoir encore rappelé que, d'après POLLISTER (1939), le centromère peut continuer à exister après s'être totalement débarrassé de matière chromosomique, nous pouvons résumer nos connaissances actuelles par les schémas de SCHRADER (fig. 2)

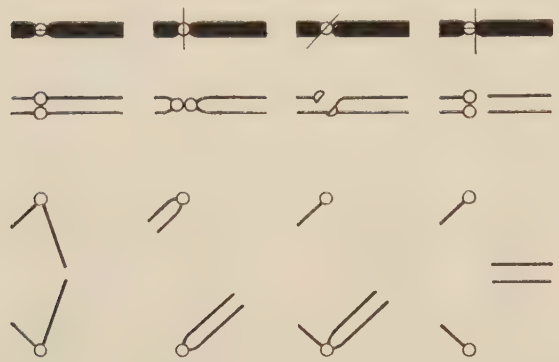


Fig. 7. Les possibilités de division du centromère dans les chromosomes univalents (d'après UPCOTT, 1937).

en les complétant par la représentation d'un «véritable» *V* à deux centromères. Et c'est chez SCHRADER que nous trouverons encore la preuve que tout chromosome atélomitique (à deux bras) n'est pas forcément doté de ce double centromère qui est l'apanage des *V* robertsoniens. En effet, dans les chromosomes à attachement médian d'*Amphiuma*, l'unicité du kinétochore est certaine. Il est donc probable qu'il y a des *V* robertsoniens et d'autres qui ne le sont pas. Et nous verrons tout à l'heure qu'à ces deux types de chromosomes atélomitiques correspondent des mécanismes de génèse différents. Il serait en effet absurde de vouloir rendre compte de l'évolution de la formule chromosomiale en ne se basant que sur la seule hypothèse de ROBERTSON.

Notre enquête préliminaire achevée, nous pouvons formuler deux conclusions:

a) Une fragmentation quelconque est inconcevable, sauf dans le cas de chromosomes fortement polycentriques, tels ceux des Nématodes.
b) Il existe des éléments télomitiques qui peuvent s'unir pour former des *V*; inversément, un chromosome atélomitique peut donner deux chromosomes en *I*.

2. Discrédit et réhabilitation de la théorie de Robertson

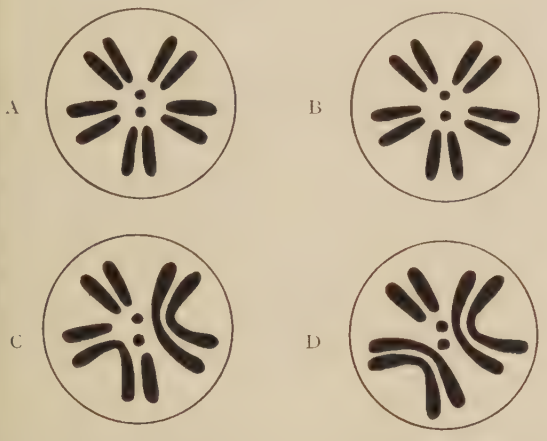
Nous venons de voir que le mécanisme robertsonien demeure compatible avec les données les plus récentes de la cytologie. Nous avons alors à nous demander pourquoi, à partir de 1925 environ, les chercheurs se sont visiblement défié de cette théorie. Il y eut tout d'abord un certain désintérêt: le gène paraissant seul important, l'étude de son substratum morphologique, le chromosome, se voit dédaignée: «the number of chromosomes is per se a matter of secondary significance» (WILSON, 1925); «It is clearly recognized... that neither a fragmentation of the chromosomes nor an end to end fusion of different elements would exert any influence on the evolution of a group» (PAINTER, 1921). Il aura fallu la découverte de l'effet de position par STURTEVANT (1925) et surtout les nombreuses preuves de l'importance de ce processus, preuves accumulées principalement à partir de 1932, pour que l'intérêt de la cytologie comparée se trouvât renouvelé.

Une autre raison, très sérieuse, je la trouve dans la question des homologies: deux espèces peuvent avoir une garniture chromosomique identique morphologiquement et différer profondément au point de vue génétique; quelle est alors la valeur des inductions basées sur une similitude apparente des éléments chromatiques? «Die ... neuen Befunde über die sehr weitgehende Umordnung der Chromosomen im Zusammenhang mit der Artdifferenzierung warnen vor einer Auswertung der Metaphasechromosomen zur Entscheidung über Homologiefragen» (BAUER, 1937).

Enfin, l'étude des mutations chromosomiques vigoureusement poussée depuis une vingtaine d'années a montré le nombre considérable d'inversions et de translocations qui peuvent être expérimentalement produites. Et c'est sur les translocations réciproques que l'attention a surtout été dirigée. J'ai moi-même esquissé (MATTHEY, 1938) le schéma d'une évolution chromosomique des Lacertidés basée sur le mécanisme des translocations. Mais, dans le même travail, je soulignais combien cette hypothèse est moins satisfaisante que la théorie robertsonienne: je montrais en particulier que dans le cadre de l'échange inégal (translocation réciproque, mutuelle), il n'était pas possible de rendre compte d'un fait frappant, soit la conservation d'un nombre basal fondamental, c'est-à-dire exprimé en éléments télomitiques, au sein d'un groupe systématique bien défini.

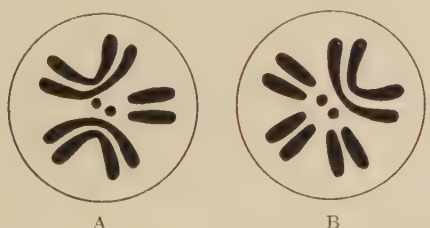
Les objections que je viens d'énumérer ont perdu beaucoup de leur importance à la suite des travaux récents dont il me reste à parler. HUGHES (1939) a étudié deux races de *Drosophila virilis*, soit *Dr. v. virilis* de Chine, et *Dr. v. americana* de l'Ohio. Ces deux formes, morphologiquement assez voisines pour que leur appartenance à une même espèce ne fasse pas de doute, diffèrent cytologiquement comme le montre la figure 8. Mais HUGHES, par l'examen des chromosomes géants des glandes salivaires, a pu établir les homologies réelles des chromosomes dans les deux formes: ces chromosomes ne diffèrent entre eux *que* par des inversions! Et HUGHES admet sans autre qu'il y a eu

ision des centromères terminaux de la sous-espèce inoise, ce qui est conforme à l'hypothèse de ROBERTSON. BAUER (1941), analysant le cas, pense plutôt à une anslocation réciproque, hypothèse que les découvertes de DONALD (1936), STURTEVANT et TAN (1937)



ig. 8. Les homologies entre «bras» chromosomiques, telles que les vèlent l'étude des chromosomes géants dans les glandes salivaires:) et B) *Drosophila virilis virilis*, ♂ et ♀; C) et D) *Drosophila virilis mericana*, ♂ et ♀. Schémas établis d'après les résultats de HUGHES 939). Les «bras» homologues occupent des positions géométriques semblables.

ndent bien douteuse. Ces auteurs se sont appliqués identifier les gènes homologues de *Drosophila melanoaster* et de *Dr. pseudoobscura*, espèces qui diffèrent ytologiquement comme le montre la figure 9. On marque que dans les deux espèces il existe, abstraction faite des microchromosomes, un nombre fondamental de 10, les deux formules pouvant être schématiquement reliées par la loi de ROBERTSON. Or, sur 63 ènes de *Dr. pseudoobscura*, 49 ont été retrouvés chez



ig. 9. Les homologies entre «bras» chromosomiques, telles que les évèlent l'étude des gènes à effet phénotypique analogue: A) *Drosophila melanogaster* ♀; B) *Drosophila pseudoobscura* ♀. Schémas tablis d'après les résultats de STURTEVANT et TAN (1937). Les bras omologues occupent des positions géométriques semblables.

Dr. melanogaster, soit, en moyenne 5 facteurs par bras. Et, c'est là la constatation essentielle, si, chez *Dr. pseudoobscura* nous trouvons dans un même bras les gènes *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, ces cinq gènes se retrouveront dans un même bras de *Dr. melanogaster*! Certes les rapports spatiaux ne sont plus les mêmes, mais, visiblement, la sélection n'a laissé filtrer *que* les inversions, le rôle des translocations apparaît comme nul! Cette remarquable découverte, généralisée encore par l'analyse de *Dr. affinis*, donne un regain d'intérêt aux recherches de cytologie comparée morphologique, en tendant à prouver que les bras, c'est-à-dire les chromosomes en bâtonnets, sont fondamentalement homologues dans un groupe donné, qu'ils renferment les mêmes gènes (ou leurs allèles apparus par mutation), et qu'ils sont, ces bras, doués d'une surprenante autonomie relative, fait qui ressort encore de l'étude de l'interférence, laquelle, comme on le sait, ne s'étend pas, normalement, au delà du centromère (WANNER, 1945).

Bien entendu, je ne prétends pas affirmer, je l'ai déjà dit, que seul interviennent les processus robertsoniens: MILLER (1939), comparant *Dr. algonquin* avec *Dr. azteca*, a montré que des deux espèces diffèrent par une série d'inversions, et que, dans l'autosome *B*, il existe une inversion dyscentrique (péricentrique de WHITE) ayant pour effet, comme le montre la figure 10, de transformer un chromosome en *V* en un chromosome en *J*, mécanisme qui peut faire comprendre l'origine des atélomitiques non-robertsoniens. Ce que j'espère avoir montré ici c'est la réalité de la théorie de ROBERTSON

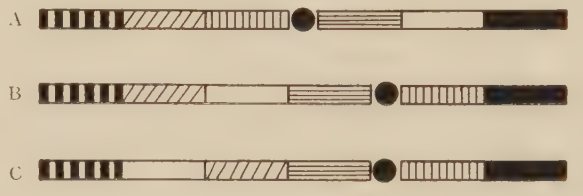


Fig. 10. Déplacement de la position du centromère de l'autosome B, chez *Drosophila algonquin*, par rapport à *Drosophila azteca:* A) type standard; B) après inversion dyscentrique hypothétique; C) après double inversion. Schémas établis d'après les résultats de MILLER (1939). Les divers segments qui ont pu être suivis sont représentés de manières différentes; le centromère est figuré par un cercle.

(ce qui entraine une réhabilitation des recherches purement morphologiques de cytologie comparée) et, peut être, la surestimation en laquelle on a tenu les phénomènes de translocations, qui, très importants chez les mutations chromosomiques obtenues expérimentalement, n'ont probablement pas joué dans l'évolution chromosomiale le rôle fondamental qu'on leur a confié.

3. L'arrangement des chromosomes à la métaphase

La comparaison des formules chromosomiales métaphasiques ne peut être entreprise avec fruit que si nous connaissons les règles qui président à l'arrangement des chromosomes dans la plaque équatoriale. Le précieux travail de MAYER (1879) est demeuré peu connu malgré que CANNON (1923) et KUWADA (1929) en aient vérifié et étendu les conclusions. MAYER a montré que si nous piquons des aiguilles aimantées dans de petits flotteurs et que nous fassions en sorte que ces aiguilles soient verticales (pôle sud en haut) par rapport à la surface de l'eau sur laquelle nous les abandonnons, nous pouvons alors, en plaçant un aimant au dessus du liquide

(pôle nord en bas), observer que nos flotteurs vont se disposer en formant exactement le type de constellation que révèle une plaque équatoriale ayant un nombre de chromosomes égal à celui de nos flotteurs! Je reproduis ici les principales configurations observées par MAYER (fig. 11).

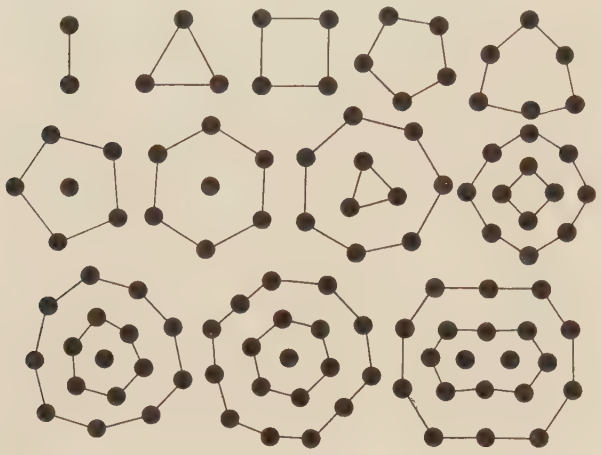
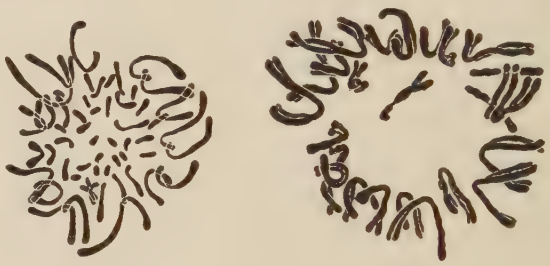


Fig. 11. Constellations d'aimants flottants observées par MAYER (1879): les types 2, 3, 4, 5, 6, 6, 7, 10, 12, 16, 18, 20.

L'identité du modèle magnétique et de la figure naturelle est d'autant plus facile à constater que les conditions chromosomiques sont plus simples; chez les Hémiptères hétéroptères où, le plus souvent, les chromosomes auxocytaires sont égaux entre eux par la forme et le volume, l'observation des cinèses révèle, pour peu que la fixation soit impeccable, les configurations mêmes décrites par MAYER. Lorsque nous avons affaire à des chromosomes de forme et de dimensions variées (ce qui est le cas général des Vertébrés), l'analyse est plus difficile et n'a pas été entreprise par les auteurs précités. Mais mon élève R. BOVEY (inédit) a pu montrer que, dans ce cas aussi, nous obtenons des images de mitoses qui correspondent, dans leur disposition, à celles que la cellule révèle. C'est ainsi que chez beaucoup de Vertébrés la métaphase dessine une couronne périphérique de grands chromosomes encerclant un certain nombre de petits éléments (fig. 12, *A*), alors que, dans d'autres cas, la couronne de macrochromosomes existe seule, le centre de la plaque demeurant vide (fuseau creux). Ces deux configurations ont été reproduites par BOVEY et répondent donc aux conditions mécaniques définies par MAYER: les chromosomes se repoussent mutuellement et sont placés dans un champ d'attraction dont les centrosomes figurent les pôles.

Remarquons encore que dans la fig. 12, *B*, un chromosome se trouve au centre de la plaque; il s'agit incontestablement d'un déplacement artificiel dû à la fixation ou au rasoir du microtome. Il est en effet très intéressant de voir que plus la fixation est parfaite, plus aussi la constellation réalisée s'identifie avec les schémas de MAYER. L'impression esthétique très vive que provoque la contemplation d'une mitose impeccablement conservée dérive certainement de ce que les règles géomètriques de l'arrangement normal sont respectées. Pour tout cytologiste un peu entrainé, le moindre défaut de fixation se traduit au contraire par un pénible sentiment de désordre, qui provient, lui,



A B

Fig. 12. Les grands chromosomes forment une couronne autour des éléments plus petits ou bien les petits éléments manquent: A) *Hynobius dunni* (d'après MAKINO, 1935); B) *Triton cristatus* (original).

de la rupture des distances interchromosomiques normales et des déplacements par rapport au plan équatorial: *Ἀει ὁ Θεος γεωμετρεί.*

Nous pouvons aborder maintenant le problème de l'évolution de la formule chromosomiale chez les Vertébrés.

(La suite prochainement)

Vorläufige Mitteilungen - Communications provisoires Comunicati provvisori - Brief reports

Für die vorläufigen Mitteilungen ist ausschließlich der Autor verantwortlich. – Les auteurs sont seuls responsables des opinions exprimées dans ces communications. – Per i comunicati provvisori è responsabile solo l'autore. – The Editors do not hold themselves responsible for the opinions expressed by their correspondents.

Über die Wahrscheinlichkeit seltener Erscheinungen

Wenn ein Ereignis, wie etwa bei einem radioaktiven Vorgang, in zeitlich zufälliger Weise, aber mit festbleibender Wahrscheinlichkeit eintrifft, so daß mit einem bestimmten Mittelwert von $\varkappa$ Ereignissen in der Sekunde gerechnet werden kann, so ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß es in einem bestimmten Zeitintervall der Länge t, also zwischen t_0 und t_0+t, nicht eintrifft, nach einer Formel von POISSON gleich $e^{-\varkappa t}$.

Es sei nun die Wahrscheinlichkeit $w(\varkappa; t, T)$ dafür

esucht, daß das Ereignis während einer Beobachtungs-eit T wenigstens einmal mindestens t Sekunden lang usbleibt, daß also das längste ereignisfreie Zeitintervall wischen T_0 und $T_0 + T$ mindestens die Länge t besitzt. Das genaue Resultat ist:

$$w = (1+\varkappa(T-t))\,e^{-\varkappa t} - \varkappa(T-2t)\left(1+\frac{\varkappa(T-2t)}{2}\right)e^{-2\varkappa t} + \frac{\varkappa^2}{2!}(T-3t)^2\left(1+\frac{\varkappa(T-3t)}{3}\right)e^{-3\varkappa t} - + \ldots,$$

vobei nur die Glieder zu nehmen sind, für welche $T \geqq nt$ st $(n = 1, 2, 3, \ldots)$.

Ist T groß gegenüber t, so gilt mit $\eta = \varkappa t e^{-\varkappa t}$ und $= \varkappa T e^{-\varkappa t}$ in hoher Annäherung:

$$w = 1 - (\varphi - e^{-\varkappa t}\,\psi)\,e^{-\varkappa},$$

vobei

$$\varphi = 1 - \eta(x-1) + \frac{\eta^2}{2!}(x^2-5x+4) - \frac{\eta^3}{3!}(x^3-12x^2+37x-27) + \ldots,$$

$$\psi = 1 - \eta(x-2) + \frac{\eta^2}{2!}(x^2-7x+9) - \frac{\eta^3}{3!}(x^3-15x^2+61x-64) + \ldots$$

st.

Für kleine Werte von $\eta\,\varkappa$ erhält man die Näherungs-ormel:

$$w = 1 - e^{-\varkappa T e^{-\varkappa t}}.$$

Ist z. B. $t = 5^{\text{sec}}$, $T = 3600^{\text{sec}}$, so wird bei $\varkappa = 1$ $= 1 - \frac{1}{70\,000\,000\,000}$, während sich für $\varkappa = 2$ und $= 3$ die Werte $w = 0{,}279$ und $w = 0{,}0033$ ergeben. Größere Pausen zufälliger Natur sind an sich seltene Erscheinungen, die aber bei längerer Beobachtungsdauer doch mit hoher Wahrscheinlichkeit auftreten müssen.

Ist t die Länge des größten ereignisfreien Intervalls während der Beobachtungszeit T, so kann man, wenn T groß gegenüber t ist, nach der Formel

$$\varkappa = \frac{0{,}159 + \log T + \log \varkappa}{0{,}434\,t},$$

n welcher log den gemeinen Logarithmus bezeichnet, inen wahrscheinlichen Wert der Häufigkeit $\varkappa$ be-timmen. Dies gilt auch, wenn die Einzelereignisse, wie bei den Höhenstrahlen, von kurzen «Schauern» be-leitet sind, die eine direkte Zählung stören können.

P. FINSLER

Mathematisches Institut der Universität, Zürich, den 4. April 1945.

Über die Quaternionenmultiplikation regulärer vierfachperiodischer Funktionen

In einer frühern Arbeit[1] habe ich alle vierfachperiodischen rechtsregulären Funktionen einer Quaternionenvariablen definiert und aufgestellt. Dabei blieb noch ein allgemeiner funktionentheoretischer Satz, der vermutungsweise ausgesprochen wurde, unbewiesen.

[1] R. FUETER: *Über vierfachperiodische Funktionen*, Monatshefte f. Math. u. Phys. *48*, 161 (1939).

Dieser Satz ist unterdessen von Herrn WALTER NEF bewiesen worden[1], so daß die in jener Arbeit ausgesprochenen Resultate nun vollständig bewiesen sind. Sind ω_k $(k = 1, 2, 3, 4)$ die vier Perioden, deren Komponenten eine von Null verschiedene Determinante bilden müssen, und wählt man sie als Quaternionen des maximalen Integritätsbereiches J einer definiten BRANDT*schen Quaternionenalgebra*[2], so läßt sich die Theorie der komplexen Multiplikation der elliptischen Funktionen weitgehend auf den Bereich der vierfachperiodischen Funktionen übertragen. Ist nämlich $w = f(z)$ irgendeine der vierfachperiodischen rechtsregulären Funktionen mit den Perioden ω_k aus J, und sind μ und ν zwei Quaternionen jenes maximalen Integritätsbereiches J, so ist offenbar:

$$W = f(\mu z \nu)\,\mu$$

rechtsregulär als Funktion von z, vierfachperiodisch und hat außerdem die Perioden von $w = f(z)$. Deshalb kann W durch die von mir eingeführten Funktionen $\mathfrak{p}_{n_1 n_2 n_3}(z;\ \omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4)$ dargestellt werden, so wie es in meiner zitierten Arbeit[3] angegeben wurde. Man erhält so wichtige Funktionalgleichungen.

Diese Darstellung wird besonders einfach und elegant, wenn man als Funktion $f(z)$ eine der regulären vierfachperiodischen Funktionen $\mathfrak{p}_{n_1 n_2 n_3}(z)$ selbst wählt. $\mathfrak{p}_{n_1 n_2 n_3}(\mu z \nu)\,\mu$ hat im Innern des Parallelotopes der Perioden nur die isolierten unwesentlichen singulären Punkte:

$$z = \mu^{-1}\,\lambda\,\nu^{-1},$$

wo die λ ein bestimmtes endliches System von (mod. μ, ν) inkongruenten Quaternionen von J durchläuft. Letzteres heißt, daß für zwei verschiedene der λ, etwa λ' und λ'', das Quaternion $\mu^{-1}(\lambda' - \lambda'')\,\nu^{-1}$ *nicht* in J liegt. Zur vollen Entwicklung der Theorie müssen Sätze über die Nullstellen der vierfachperiodischen Funktionen aufgestellt werden, was bisher nicht geschehen ist.

RUD. FUETER

Mathematisches Institut der Universität, Zürich, den 15. April 1945.

[1] W. NEF: *Die unwesentlichen Singularitäten der regulären Funktionen einer Quaternionenvariablen*, Comm. Math. Helv. *16*, 284 (1943/44).

[2] H. BRANDT: *Idealtheorie in Quaternionenalgebren*, Math. Ann. *99*, 1 (1928). Siehe auch die beiden Arbeiten: R. FUETER: *Quaternionenringe*, Comm. Math. Helv. *6*, 199 (1933/34); R. FUETER: *Zur Theorie der* BRANDT*schen Quaternionenalgebren*, Math. Ann. *110*, 650 (1935).

[3] R. FUETER: *Über vierfachperiodische Funktionen*, Monatshefte f. Math. u. Phys. *48*, 161 (1939).

Zur Charakterisierung zellteilungswirksamer Substanzen an der Gewebekultur

Zellteilungsgifte beeinflussen die Lebensvorgänge der ruhenden Zelle in weitem Konzentrationsbereich wenig. Sie lassen der Zelle die Fähigkeit, in das Teilungsstadium zu treten. Daraus resultiert eine veränderte Reaktionsbereitschaft, die erst den Effekt «zellteilungswirksamer» Stoffe ermöglicht. Verschiedene Autoren haben versucht, den Begriff der Zellteilungsgifte auf Grund morphologisch feststellbarer Wirkungsunterschiede zu differenzieren (MOELLENDORFF, DUSTIN, BUCHER, BUJARD u. a.).

Bei der Untersuchung der Zellteilungswirkung einer Reihe chemisch verschiedener Stoffgruppen sind wir zur

Ansicht gelangt, daß sich bei eingehender Berücksichtigung des Dosiswirkungsverhältnisses trotz gewisser formaler Ähnlichkeiten der Wirkungen charakteristische Unterschiede zellteilungswirksamer Stoffe auffinden lassen. Die eine als Beispiel gewählte Stoffgruppe wollen wir in dieser vorläufigen Mitteilung als Colchicingruppe, die andere als Chinongruppe bezeichnen, ohne damit

Abb. 1

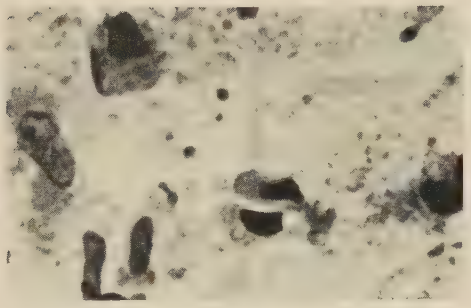


Abb. 2

Abb. 3

Konzentrationsabnahme liegt der Bereich der zellteilungsspezifischen Wirksamkeit. Der Zellverband ist hier durch die sehr aktive Reaktion der Zellen stark gestört (Abb. 3). Merkwürdige Kernreaktionen des Ruhekerns treten auf; die in den Abb. 4—6 wiedergegebene Reihe von Kerneinschnürung bis Durchschnürung ist für sie charakteristisch. Es handelt

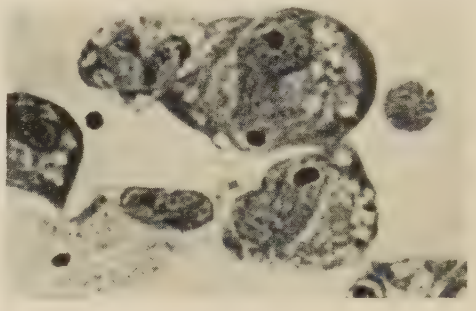


Abb. 4

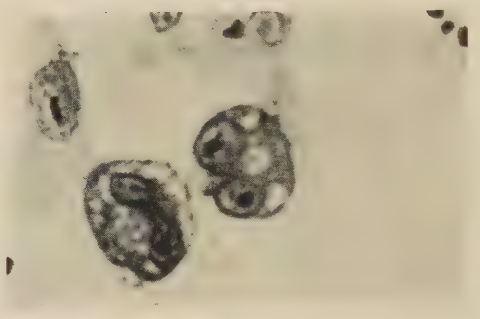


Abb. 5

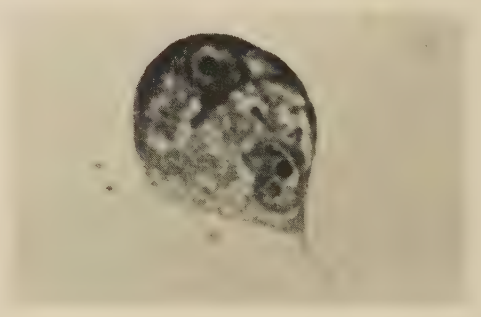


Abb. 6

irgendwelche Bindungen hinsichtlich chemischer Konstitution und Wirkung einzugehen.

Als Untersuchungsobjekte dienten geteilte, 24stündige im üblichen *Deckglasverfahren* gezüchtete Hühnerherzfibroblastenkulturen. Der einen Kultur wurde der zu prüfende Stoff für 8 Stunden zugegeben, die Schwesterkultur diente als Kontrolle. Untersucht wurden die fixierten Kulturen und *Filme*, die über 8 Stunden des Wachstums mit Hilfe einer Zeitrafferapparatur aufgenommen wurden.

Die *Chinongruppe* zeigt folgendes Verhalten. Im Bereich von zwei Zehnerpotenzen, hoher Konzentration, besteht allgemeine Zelltoxizität. Alle Zellen scheinen ziemlich momentan unter Ruhekernpyknose und starker Protoplasmaschädigung abzusterben (Abb. 1, 2).

Innerhalb zwei Zehnerpotenzen nach der Seite der sich offenbar um durch eine prämitotische Chromosomenhemmung auftretende amitotische Teilungsversuche von Kern und Protoplasma, die manchmal symmetrisch und manchmal asymmetrisch verlaufen. Der vermittelst des Phasenkontrastverfahrens aufgenommene Film zeigt träge, hin- und herziehende Bewegungen des langgezogenen, nicht mitotischen Kerns. Die Oberflächenunruhe der abgerundeten Zelle ist langsam. Die Zelle zeigt die abgerundete Form und andere deutliche Zeichen der «mitotischen Zelle». Die Teilungstendenz ist gelegentlich nicht nur im Kern zu erkennen (Abb. 7, 8), es kann sich auch das Protoplasma durchschnüren, ohne einen mitotischen Kern zu besitzen. Im Film ist es bis jetzt nicht gelungen, eine vollständige Plasmadurchschnürung zu beobachten, die wiedergegebenen Bilder der fixierten Kulturen

lassen aber diese Möglichkeit doch mit großer Wahrscheinlichkeit vermuten.

Im untern Bereich dieser Konzentrationen erlauben diese Substanzen neben überwiegender Beibehaltung des beschriebenen Wirkungsbildes den Eintritt einiger Zellen in Mitose; diese werden überwiegend mit colchicinähnlichem Bilde in Metaphase pykniert (Abb. 9).

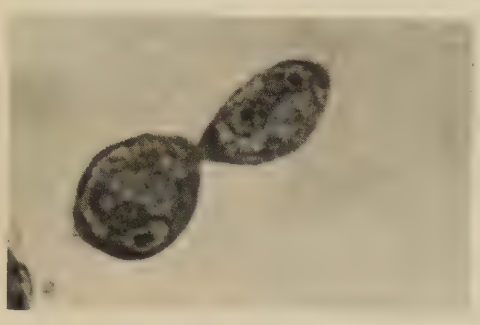


Abb. 7

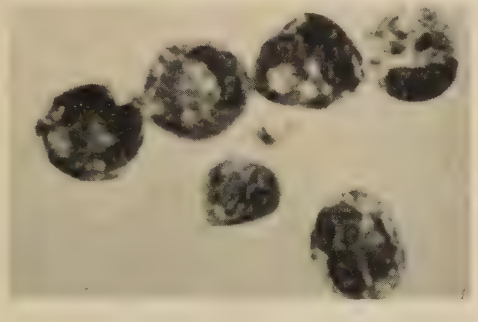


Abb. 8

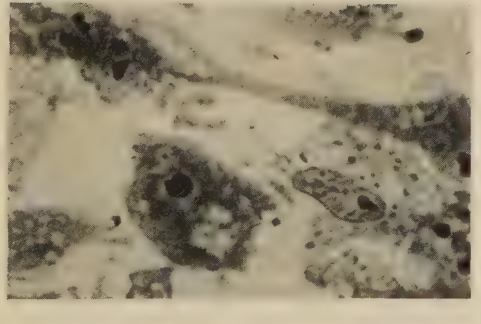


Abb. 9

Kern. Außerdem sind typische, meist runde, intensiv färbbare Zellen mit homogenem, dunklem Zentrum in großer Zahl feststellbar — abgestoppte Metaphasen, die klassischen «Colchicinzellen» (Abb. 13, 14).

Es besteht also für diese Substanzgruppe die elektive Fähigkeit, in einem bestimmten Moment der Zellteilung, bei oder nach der «Bildung» der Chromosomen,

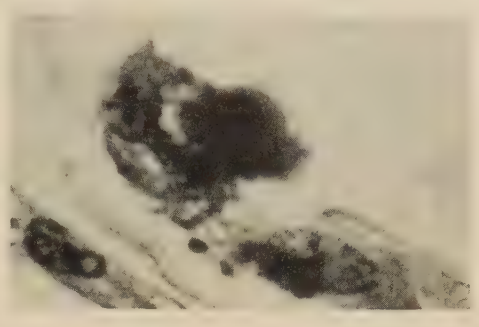


Abb. 10

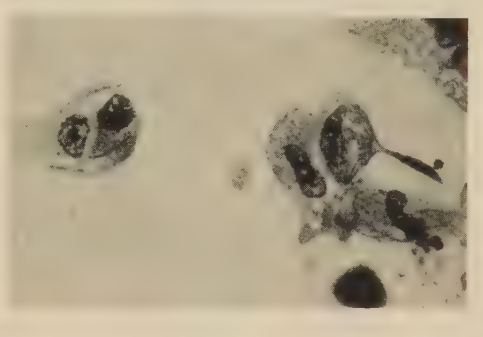


Abb. 11

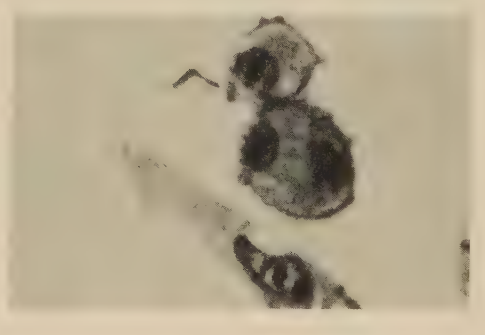


Abb. 12

Bei Schwellenkonzentration verlieren sich alle zellteilungswirksamen Wirkungskomponenten weitgehend gleichzeitig.

Bei der *Colchicingruppe* läßt sich im Bereiche von 10^{-3} bis 10^{-4} keine so ausgesprochene allgemeine toxische Wirkung feststellen. Einige wenige längliche Ruhekernpyknosen lassen indessen vermuten, daß sich in sehr starken Konzentrationen eine allgemeine toxische Wirkung ähnlich derjenigen der Chinone erzielen läßt. In diesem Konzentrationsbereich zeigt aber die Colchicingruppe durchaus Bilder, die an diejenigen der Chinone in mittlerem Konzentrationsbereich erinnern (Abb. 10 bis 12).

In dem großen Konzentrationsbereich von 10^{-4} bis 10^{-7} ergibt sich ein qualitativ und quantitativ uniformes Wirkungsbild. Es finden sich Ruhezellen mit normalem einzugreifen. Die resultierende «Teilungshemmung» wirkt sich als endgültiger Mitosestopp aus. Im Bereich von 10^{-7} bis 10^{-8} beginnt die Wirkung schwächer zu werden, und über eine gewisse Vermehrung mehr oder weniger normaler Mitosen verschiedener Stadien ist bei 10^{-9} meist keine deutliche Wirkung mehr festzustellen (Abb. 15, Übergang der starken zur schwachen Wirkung; Abb. 16, normale Anaphase; Abb. 17, Normalkultur, 24 Stunden).

Die Wirkung der Colchicingruppe ist durch eine deutliche Differenzierung der nur im Mitosestadium auftretenden chromosomenpyknierenden Wirkung von anderen Zellwirkungen charakterisiert.

Filmuntersuchungen der Wirkung des Colchicins selber haben wir noch nicht durchgeführt, konnten aber bei colchicinähnlich wirkenden Stoffen die Beobach-

tungen von BUCHER für das Colchicin bestätigen. Die Zellen bei den entsprechenden Konzentrationen runden sich zur Mitose ab, es kommt aber trotz sehr aktiver, zum Teil grotesker Oberflächenbewegungen nicht zur Plasmadurchschnürung. Der Gegensatz zu der trägen

Abb. 13

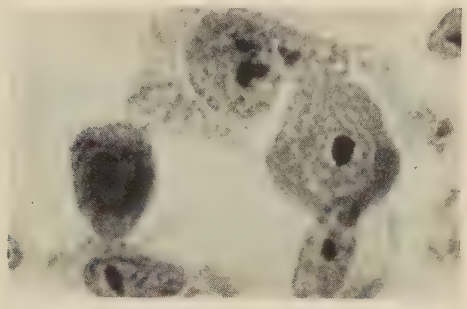


Abb. 14

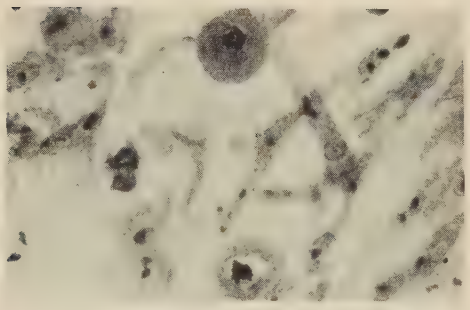


Abb. 15

Oberflächenunruhe der chinonvergifteten Zelle im abgerundeten Stadium ist auffällig.

Die Gruppe der Chinone und des Colchicins zeigen somit formal morphologisch qualitativ gleiche oder ähnliche pathobiotische Effekte.

1. bei relativ zur Schwellendosis hoher Konzentration: «Prämitotische» Zellteilungsstörung: Eintritt vor Chromosomenentwicklung bei abgerundeter Zellform, keine Chromosomenpyknose, amitotische Einschnürung oder Teilung des Kerns und/oder des Protoplasmas.

2. bei relativ zur Schwellendosis niederer Konzentration: «Mitotische» Zellteilungsstörung: Eintritt nach Chromosomenentwicklung, Chromosomenpyknose in Metaphase bei abgerundeter Zellform, Hemmung der Kern- und Zellteilung.

Die für die Chinonwirkung auffällige «prämitotische» Störung läßt sich somit auch mit einem «typischen» Mitosegift erzielen. Die skizzierten «Wirkungstypen» sind dadurch charakterisiert, daß Teileffekte nicht gegeneinander austauschbar sind. Damit scheinen sie als *zwangsläufige Wirkungsgruppierungen* gekennzeichnet: verschiedene morphologische Primäreffekte mit charakteristischen fixierten sekundären Effekten, abhängig vom verschiedenen *Grade* der gleichen Wirkung. Angriffspunkt und Natur der primären Wirkung sind unbekannt. Ist ihr Effekt aber als Ausdruck der normalen Ablaufsorganisation der Zellteilung aufzufassen, so scheinen sie zu zeigen, daß Induktion der Chromosomenbildung mit Mitosestop amitotische Kern- und Zellteilung ausschaltet, daß hingegen Hemmung der Chromosomeninduktion amitotische Kern- und Zellteilung erlaubt. Als allgemeine Folgerung ergeben die Befunde, daß «prämitotische» Zellveränderungen einen charakteristischen und vielleicht entscheidenden Einfluß auf Induktion von Mitose und Zellteilung haben. Mitosehemmung und Zellteilungshemmung sind somit beide charakteristische Effekte.

Trotz Ähnlichkeit oder Gleichheit der morphologischen Wirkungseffekte weisen die untersuchten Stoffgruppen eine ausgesprochene Unterschiedlichkeit insofern auf, als die Wirkung von der Dosis in durchaus verschiedener Weise abhängig ist, sowohl hinsichtlich absoluter Größe als Wirkungsbreite; d. h. Steilheit und Lage der Dosiswirkungskurve im Konzentrationsbereich sind

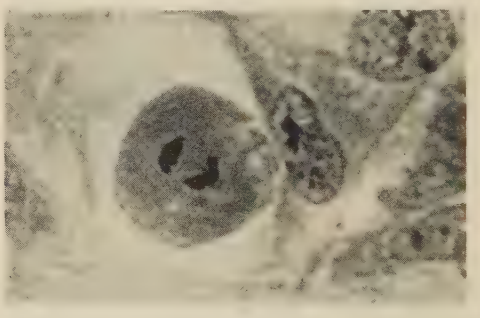


Abb. 16

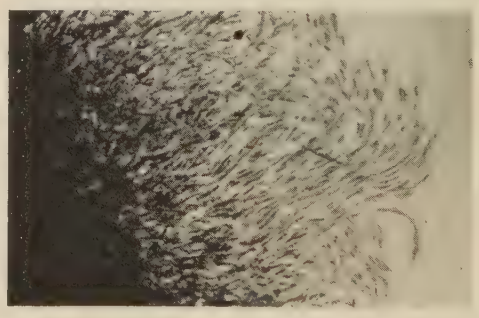


Abb. 17

verschieden. Außerdem besteht wahrscheinlich eine qualitative Differenz der Dosiswirkungsbeziehung, insofern die Verteilung der Teileffekte über den gesamten Wirkungsbereich ungleich für beide Gruppen ist, d. h. die Form der Dosiswirkungskurve ist verschieden. Die hierfür maßgebenden Ursachen sollen nicht diskutiert werden.

Diese Feststellung ergibt, daß eine zellteilungshemmende Wirkung nicht nach Prüfung *eines* charakteristischen Effektes in bestimmtem Konzentrationsbereich einem Wirkungstypus zugeordnet werden kann, es ist vielmehr, wie dies für alle komplexen Wirkungen gilt,

e Dosiswirkungsbeziehung für eine Reihe von Teilekten im gesamten Wirkungsbereich zu ermitteln. lerdings gibt auch diese Art der Untersuchung zellflungshemmender Wirkungen bei vorwiegender oder einiger Berücksichtigung des morphologischen Zuandsbildes nur eine formale Charakteristik der Wirng. Erst die Abtrennung der zwangsläufigen Ablaufechanismen von den ursächlichen Induktionsmechasmen der Wirkung kann eine weitergehende Analyse r zellteilungshemmenden Wirkung und ihrer Angriffsechanismen ergeben.

Literatur

Bucher, O., Z. Zellforsch. *29*, 283 (1939); *30*, 438 (1940). — jard, E., Schweiz. med. Wschr. *74*, 303 (1944). — Brock, N., uckrey, H., und Herken, H., Arch. exp. Path. u. Pharm. *193*, 9 (1939.) — Haas, H.T.A., Arch. exp. Path. u. Pharm. *197*, 284 941). — Lettré, H., Naturwiss. *12*, 184 (1942); Hoppe-Seyler's schr. *278*, 175, 201, 206 (1943). — Möllendorff, W., Z. Zellsch. *32*, 35 (1942). — Perk, P., Z. Zellforsch. *32*, 1 (1942). — plitzer, G., Protopl. Monogr. 7 (1934) (zitiert nach Bujard). — ntein, P., C. r. Soc. Biol. *137*, 133 (1943). — Thomann, O., Zellforsch. *32*, 152 (1942). — Thomas, A., C. r. Soc. Biol. *137*, (1943).

R. Meier und M. Allgöwer

Aus den wissenschaftlichen Laboratorien der Ciba, asel, den 17. April 1945.

Die Inaktivierung des Fleckfieber-Virus mittels Organextrakten

Nachdem auf Grund der Studien von Fleming in tro die Entdeckung des Chemotherapeutikums Penillin in *vivo* ermöglicht war, gingen wir dazu über, eine aktivierung des Fleckfiebervirus in vitro zu verchen. Dies gelang durch Verwendung petrolätherslicher Fraktionen, gewonnen aus Leber und Milz sunder oder fleckfieberkrank gewesener Meerschweinen, indem wir die Experimente wie folgt ausführten.

Mit Nährbouillon wurden pneumonische rickettsiniche Mäuselungen eines murinen Stammes (Ri. moori) im Verhältnis von 1:40 und in einem zweiten Anitz in der Relation von 1:100 verdünnt. Die beiden ufschwemmungen mischten wir mit den petrolätherslichen Fraktionen, und zwar so, daß jeder cm^3 der rdünnten Lungenaufschwemmung 50 mg bzw. 10 mg ückstand (siehe Tabelle) enthielt. Nach einstündigem ufenthalt bei Zimmertemperatur injizierten wir weien Mäusen intraperitoneal je 1 cm^3 der Gemische, eren *Giftigkeit* und *Infektiosität* sich nunmehr als beinträchtigt oder gar völlig aufgehoben erwies. Die ohe Giftigkeit der verdünnten Lungenemulsionen, hne Zusatz der petrolätherlöslichen Leber- und Milzxtrakte, zeigt das Verhalten der Kontrollmäuse, die leichzeitig mit den Versuchstieren injiziert wurden. Das us Gründen der Übersicht in Tabellenform wiedergeebene Protokoll läßt den Unterschied zwischen Verichs- und Kontrolltieren zu Tage treten.

Aus den mitgeteilten Versuchen geht hervor, daß as *Fleckfiebervirus*, gegen das bisher kein Chemotheraeutikum existiert, in *vitro durch Organextrakte beeinußt wird*, eine «Rohstoffquelle» die bisher für chemoherapeutische Studien nicht benutzt wurde.

Hingegen wurden eiweißfreie petrolätherlösliche Oranextrakte von anderer Seite (W. H. Ludwig, Medizin nd Chemie, Verlag Chemie, Berlin, 1942, S. 505) auf

Tabelle

Petrol-äther-lösliche Fraktion (= Rückstand)	Lungen-verdünnung	Versuchstiere			Kontrolltiere		
		Zahl der Versuchstiere	davon tot nach		Zahl der Kontrolltiere	davon tot nach	
			1 Tag	2–14 Tagen		1 Tag	2–14 Tagen
50 mg	1:40	10	1	2	20	10	8
10 mg	1:40	10	0	4			
50 mg	1:100	10	0	3	10	0	9

ihr *anti*toxisches Verhalten gegen *bakterielle Toxine* geprüft, wobei positive Ergebnisse erhalten wurden, die mit den von uns mitgeteilten Befunden über die Entgiftung des Fleckfiebervirus in Einklang stehen. Die giftwidrigen Organsubstanzen dürften aber in stofflicher Beziehung nichts mit den echten Antitoxinen gemein haben; auch als deren wirksame Spaltprodukte kommen sie kaum in Betracht, welche Möglichkeit von Ludwig (l. c.) diskutiert wird. Fehlt doch nach allen bisherigen experimentellen Erhebungen den aus den Organen extrahierten Substanzen jene Fähigkeit, welche als Hauptmerkmal der Antitoxine gilt, nämlich die Spezifität.

E. Berger und St. Brzezinski

Wissenschaftliches Laboratorium (Fleckfieber-Abteilung) der Aristopharm Fabrikations A.-G., Basel, den 18. April 1945

Über eine vierte Aktionssubstanz des Nerven

v. Muralt[1, 2] hat gezeigt, daß bei der Erregung eines peripheren Nerven (Froschischiadicus) eine Substanz freigesetzt wird, die mit der polarographischen Methode nachweisbar ist. Es handelt sich dabei weder um Acetylcholin, noch um Kaliumionen oder Aneurin (wie wir zeigen werden), weshalb die unbekannte Substanz vorläufig den Namen A_4 erhalten soll.

Mit dem Einfrierverfahren wird in gereizten Nerven immer mehr gefunden als in ungereizten[1]. A_4 tritt auch aus einem frischen Nervenquerschnitt in die Badelösung über[2]; nach einiger Zeit klingt dieser Effekt ab; wird der Nerv jetzt gereizt, so tritt eine neue Menge von A_4 aus dem Querschnitt aus. Bei der Degeneration scheint der Gehalt im Nerven langsam abzusinken.

A_4 verändert das Polarogramm einer gewöhnlichen Ringerlösung so, daß der Anstieg bei 1,9 Volt früher einsetzt (Abb. 1). Durch Messung der erreichten Höhe bei einem bestimmten Potential läßt sich die Konzentration von A_4 in willkürlichen Einheiten ermitteln. Die Deutung des polarographischen Effekts ist ungewiß. Ein van t'Hoffscher Koeffizient von 1,9 spricht jedoch dafür, daß A_4 als Katalysator in irgendeine Reaktion an der tropfenden Quecksilberelektrode eingreift.

Um einige Eigenschaften der unbekannten Substanz zu bestimmen, wurden Nervenextrakte benutzt, in denen A_4 polarographisch gut nachweisbar ist. Bisher liegen folgende Ergebnisse vor:

1. A_4 ist dialysabel und bleibt bei einer Sulfosalizylsäurefällung in Lösung. Es handelt sich also nicht um ein Eiweißmolekül.

[1] v. Muralt, A., Pflügers Archiv *245*, 604 (1942).
[2] v. Muralt, A., Helv. Physiol. Acta *1*, C 20—C 22 (1943).

2. A_4 ist thermostabil. 2stündiges Kochen bei p_H 7, in n/10 HCl oder n/10 NaOH vermindert seine Aktivität nicht.
3. A_4 wird durch ultraviolettes Licht zerstört[1].

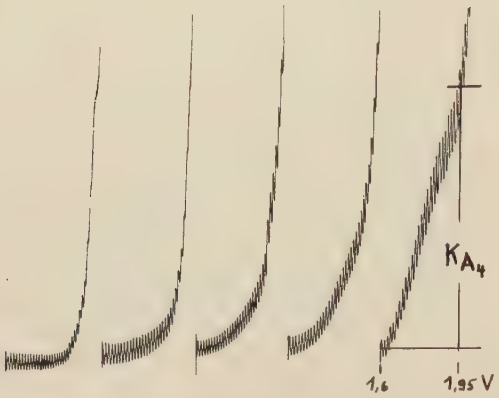


Abb. 1. Links außen Ringerlösung. Rechts Nervenextrakte, die A_4 in steigender Konzentration enthalten.

4. Die Aktivität von A_4 ist in ganz charakteristischer Weise p_H-abhängig:

Aus Abb. 2 und 3 ist abzuleiten, daß A_4 im Alkalischen und Sauren in eine aktivere Form übergeht, oder aber daß sich ein Gleichgewicht zwischen A_4 und einer andern Substanz im Sauren und Alkalischen zugunsten von A_4 verschiebt. Im p_H-Bereich 7,5—4,5 nimmt die Aktivität des Regenerates allgemein mit der Zeit ab und

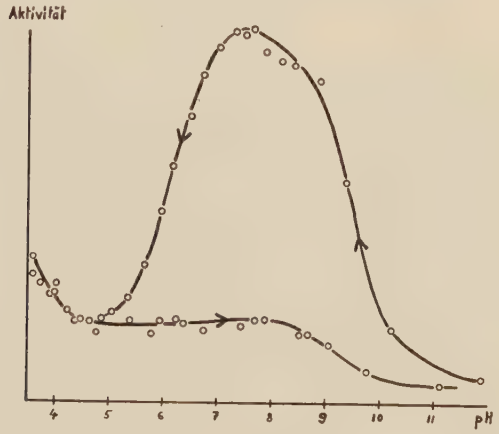


Abb. 2. Das p_H eines Nervenextraktes wird durch Zugabe von NaOH resp. HCl in Richtung der Pfeile geschoben, indem man unterwegs ständig die polarographische Aktivität von A_4 bestimmt.

zwar bei p_H 5 schneller als bei p_H 7. Die Halbwertszeit bei p_H 6,5 beträgt 25 Minuten (17° C).

Es besteht noch völlige Ungewißheit darüber, welche chemischen Vorgänge dieser Regeneration und Inaktivierung zugrunde liegen. Das Mitwirken eines Fermentes ist ausgeschlossen, da sich A_4 sowohl im Dialysat als auch im gekochten oder mit Sulfosalizylsäure behandelten Nervenextrakt regenerieren und inaktivieren läßt.

Eine Substanz, die sich in sämtlichen 4 Punkten gleich verhält wie A_4, ist im Blutplasma vorhanden. Da zumindest die p_H-Abhängigkeit eine sehr spezifische Eigenschaft darstellt, ist die Substanz im Blut höchst wahrscheinlich mit A_4 identisch.

Aneurin, Cocarboxylase und Adenosintriphosphorsäure, wie sie als reine Substanzen käuflich sind, zeigen denselben Effekt im Polarprogramm wie A_4, was der Grund war, warum v. MURALT[1] die Substanz als Aneurin oder aneurinverwandt angesprochen hat. Die genannten Stoffe wirken aber polarographisch nur in

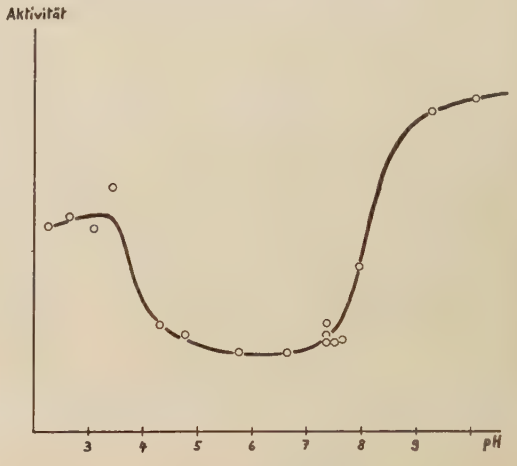


Abb. 3. Ein Nervenextrakt wird während 12 Stunden bei verschiedenen bestimmten p_H stehengelassen und unmittelbar vor der polarographischen Analyse auf p_H 7 zurückgebracht. Ordinate: Aktivität bei p_H 7. Abszisse: p_H, bei dem der Extrakt stehengelassen wurde.

Konzentrationen, in denen sie im Nerven nicht vorkommen, und keine dieser Substanzen erfüllt die hiemit neu beschriebene, für A_4 charakteristische p_H-Abhängigkeit.

S. WEIDMANN

Hallerianum, Bern, den 20. April 1945.

[1] v. MURALT, A., Pflügers Archiv *245*, 604 (1942).

Gleichzeitiger Nachweis der 4. Aktionssubstanz mit dem Polarographen und am Froschherzen

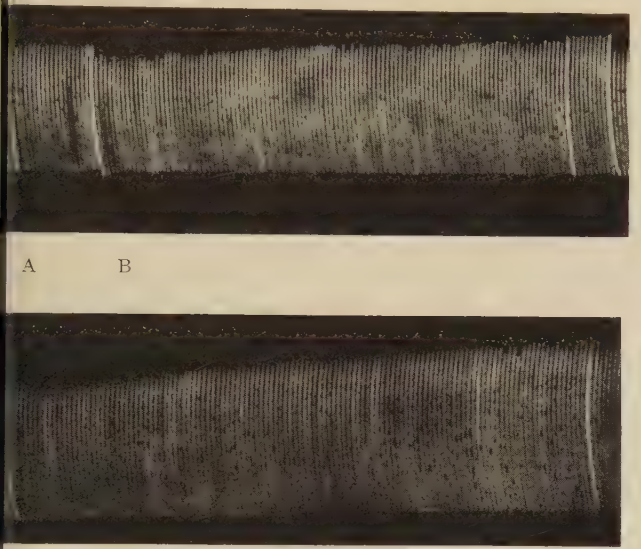
In der vorhergehenden Mitteilung[1] wurde über einen polarographisch nachweisbaren Stoff A 4 in Nervenextrakten berichtet.

Bei der Prüfung von Nervenextrakten am Froschherzen zeigte sich neben der bekannten Acetylcholinwirkung ein mit einer Latenzzeit von etwa 1 Minute auftretender, positiv inotroper Effekt. Die dafür verantwortliche Substanz, welche schwer wieder auswaschbar ist, dürfte mit derjenigen von LISSAK[2] identisch sein, der sie in Badeflüssigkeiten von Nerven und im Blut findet. BERGAMI und Mitarbeiter[3] weisen am Blutegelpräparat eine vom gereizten Nerven an die Badeflüssigkeit abgegebene Substanz nach, die sie «sostanza antiacetylcholinasimile» nennen. Endlich erwähnt KAHLSON[4] verschiedene «störende Faktoren» bei der Acetylcholinbestimmung am Froschherzen.

[1] WEIDMANN, S., Exper. *2*, 61 (1945).
[2] LISSAK, K., Americ. J. of Physiol. *127*, 264 (1939).
[3] BERGAMI, G., Arch. Istit. Biochimico Ital. *3*, 3 (1936).
[4] KAHLSON, G., Arch. f. Exper. Pathol. u. Pharmak. *175*, 198 (1939).

Bei der gleichzeitigen Prüfung von verschiedenen rvenextrakten mit dem Polarographen und am oschherzen zeigte sich eine auffallende Parallelität ischen polarographischer Aktivität und positiv ino- pper Wirkung. Die Vermutung, es könnte mit den iden verschiedenen Methoden ein und dieselbe Sub- anz erfaßt werden, wurde durch folgende Tatsachen härtet:

1. Nervenextrakte und Blutverdünnungen, die po- rographisch die gleiche Aktivität besitzen, sind auch n Froschherzen gleich stark wirksam. Würden mit n zwei Methoden zwei verschiedene Substanzen er-



A B

D

A = Ringer B = unregenerierter Nervenextrakt
C = Ringer D = regenerierter Nervenextrakt

ßt, so müßte man verlangen, daß die beiden Sub- anzen in Blut- und Nervenextrakten im gleichen Ver- ältnis vertreten wären.

2. Durch «alkalische» oder «saure» Regeneration (wie der vorangehenden Mitteilung beschrieben), stieg gleichem Maße wie die polarographische Aktivität uch die Wirkung am Froschherzen. Beispiel (siehe urve): Ein Nervenextrakt ergab eine polarographische ktivität von 1900 Einheiten vor und 2250 Einheiten ach der Regeneration. Das numerische Verhältnis wischen maximaler Hubhöhe mit Extrakt und der Hub- öhe mit Ringerlösung war 1,1 vor und 1,25 nach der egeneration. Dieses Verhalten ist sicher so charak- eristisch, daß es kaum mehreren Substanzen eigen sein ann. Durch Atropinisierung wird die Wirkung auf das erz nicht beeinflußt.

Es erscheint somit höchst wahrscheinlich, daß die on Lissak und die von v. Muralt entdeckte Substanz dentisch sind. Die praktische Bedeutung dieser Tat- ache liegt darin, daß nunmehr die Identifizierung dieser iologisch interessanten Substanz mit einer einfachen, hysikalisch-chemischen Methode angegangen werden ann.

S. Weidmann und F. Wyss

Hallerianum, Bern, den 20. April 1945.

Ergebnisse der Behandlung der Hyperthyreosen mit Thiouracil

Amerikanische Forscher (Chesney, A. M., Clawson, Webster, Marine, Baumann u. a. m.) machten 1928 die Entdeckung, daß frischer Kohl, in großen Mengen an Kaninchen verfüttert, zu Kropfbildung führt. Dann veröffentlichte Blum experimentelle Arbeiten, die bestätigen, daß im Kohl (verschiedene Brassicaarten) eine Noxe vorhanden ist, die beim Tier zu einer kropfigen Entartung der Schilddrüse führt. Die Kröpfe sind blutreich, jodarm und im Kaulquappenversuch inaktiv. Histologisch finden sich Vermehrung und Vergrößerung der Zellen, verunstaltete Follikel und Kolloidschwund. Fügt man dem Kohl kleine Jodmengen zu, so kann die Kropfbildung verhindert werden; gibt man das Jod erst nach Ausbildung des Kropfes durch die Kohlnoxe, so resultiert das typische Bild des Basedow.

Kennedy fand 1942 als wirksamen Stoff im Rapssamen den Allylthioharnstoff. Von den verschiedenen chemischen Substanzen, die einer experimentellen Prüfung unterworfen wurden, zeigten sich vor allem Thioharnstoff und Thiouracil geeignet, die Bildung bzw. die Wirkung des Thyroxins zu verhindern. In der angloamerikanischen Literatur wird über etwa 200 Fälle berichtet, die vorzüglich mit Thiouracil behandelt wurden, und zwar mit täglichen Dosen bis zu 1,0 g. Die Wirkung bei Hyperthyreose war zum Teil überraschend, doch schreckten Nebenerscheinungen, vor allem Fälle von Agranulozytose, zunächst von der weiteren Verwendung ab.

Seit einigen Monaten wurden in der Medizinischen Poliklinik der Universität Bern 12 Fälle von Hyperthyreose mit einem Thiouracilderivat behandelt, das uns von der Firma Wander, Bern, unter der Nr. «133» zur Verfügung gestellt wurde; das betreffende Präparat hat sich im biologischen Experiment als wirksamer und weniger toxisch erwiesen als das Thiouracil und kann deshalb 60% niedriger dosiert werden. Eine Tablette enthält 0,04 g wirksame Substanz. Wir richten uns bei der Dosierung nach der Höhe des Grundumsatzes (2mal 2 bis 3mal 3 Tabletten p. d., später Stabilisierungsdosen von 2—3mal 1 Tablette p. d.).

Bei unseren Patienten handelt es sich zum Teil um inveterierte Basedowfälle, wo die Kranken eine Operation abgelehnt hatten und schon während längerer Zeit in üblicher Weise mit Prominal, Luminal, Brom, Diät usw. behandelt worden waren. Bei etwa ¾ der Fälle konnten nach wenigen Wochen ganz auffällige, zum Teil überraschende Besserungen erzielt werden: Der Grundumsatz geht auf normale Werte herunter, das Körpergewicht steigt, die Tachykardie nimmt ab, die Spontantöne verschwinden, Fingertremor, Schweißausbrüche und Muskelschwäche weichen. Die Konsistenz der Schilddrüse wird weicher. Es tritt in einigen Fällen eine Vergrößerung der Schilddrüse auf; die Gefäßgeräusche verschwinden; der Exophthalmus wird kaum beeinflußt. Nebenerscheinungen: in zwei Fällen leichte Ekzeme; häufig Leukopenie mit relativer Lymphozytose, die nie schwerwiegender Natur und nur vorübergehend sind; einmal Erbrechen und Widerwillen gegen das Medikament bei einer psychisch schwer alterierten Patientin. Über die Wirkung des Präparates bei Herzinsuffizienz und bei Diabetikern fehlen uns noch schlüssige Resultate.

Die neue Behandlung der Hyperthyreose mit Thiouracilpräparaten ist in ihrem Wesen erstmalig und verblüffend.

W. Hadorn

Medizinische Universitätspoliklinik, Bern, den 24. April 1945.

Nachweis eines androgenen Wirkstoffes im Hypophysenvorderlappen[1]

Schon längere Zeit ist es bekannt, daß die männliche Gonade und die daraus hergestellten Lipoide, sowie gewisse reine androgene Wirkstoffe[2] die physiologische Tätigkeit des Hypophysenvorderlappens (H.V.L.) regulierend beeinflussen[3]. Man kann sich nun die Frage stellen, ob im H.V.L. normaler Tiere ein androgener Wirkstoff in nachweisbarer Menge enthalten ist.

Da die bisher aus Testes, Urin und Nebenniere isolierten und auch die künstlich hergestellten androgenen Wirkstoffe ausnahmslos der Steroid-Reihe angehören, nahmen wir arbeitshypothetisch an, daß auch ein im H.V.L. vielleicht vorhandener androgener Wirkstoff sich im Lipoid-Anteil befinden sollte. Zur Beantwortung der gestellten Frage mußten verhältnismäßig große Mengen der Lipoide aus H.V.L. verarbeitet werden, da die androgenen Wirkstoffe sogar in der männlichen Gonade, also im Gewebe, in dem sie bisher in höchster Konzentration gefunden worden sind, nur in sehr geringer Menge vorkommen. Als Ausgangsmaterial diente ein von den WILSON LABORATORIES, Chicago, U.S.A., hergestellter Acetonextrakt aus 267 kg H.V.L., welche von Rindern beider Geschlechter stammten.

Die Lipoide und besonders die Steroide aus H.V.L. sind in neuerer Zeit von R. E. MARKER und E. L. WITTBECKER[4] eingehender untersucht worden. Die amerikanischen Autoren haben den Acetonextrakt aus H.V.L. mit Alkalien verseift und im Unverseifbaren keine anderen Steroide als Cholesterin gefunden. Da durch die energische alkalische Verseifung empfindliche Verbindungen, wie zum Beispiel der einzige bisher aus Testes isolierte androgene Wirkstoff, das Testosteron, zerstört werden, wandten wir zur Anreicherung ein schonenderes Verfahren an, bei welchem die alkalische Verseifung vermieden wurde. Der Acetonextrakt (0,82 kg aus 267 kg H.V.L.) wurde zuerst von sauren Anteilen (Fettsäuren, Phenolen, Phosphatiden usw.) durch Waschen mit verdünnter Kalilauge befreit[5]. Aus den neutralen Anteilen (410 g) trennten wir durch Behandlung mit Petroläther und Umlösen aus Aceton den größten Teil (140 g) des Cholesterins ab. Der cholesterinarme Rückstand wurde in der von SCHOTT und Gen., Jena, hergestellten Apparatur für diskontinuierliche Molekular-Destillation bei 0,0001 mm destilliert und das bis 150° übergehende Destillat (58,5 g) mehrmals mit GIRARD Reagens *T*[6] behandelt.

Im Gegensatz zu den nicht umgesetzten, unwirksamen Anteilen zeigten die mit GIRARD Reagens *T* abgetrennten Ketone (1,4 g, Anreicherung 1:200000) eine bemerkenswerte androgene Wirksamkeit. In 5 mg des Konzentrates, welche etwa 1 kg H.V.L. entsprachen, waren 0,5 H.K.E.[7,8] enthalten. Zum Vergleich sei erwähnt, daß die Stiertestes-Extrakte eine androgene Wirksamkeit von etwa 7—20 H.K.E. pro kg Drüse besitzen und daß der Stierharn weniger als 1 H.K.E. pro Liter enthält. Da über die Konzentration der androgenen Wirkstoffe im Blut und in anderen Organen nur unzuverlässige Angaben vorliegen[1], kann man nicht entscheiden, ob sie im H.V.L. in größerer Menge als in anderen Körperteilen vorkommen.

Die Versuche zur Isolierung des androgenen Wirkstoffes aus H.V.L. in reinem Zustand führten bisher nicht zum Erfolg; es gelang jedoch eine Anreicherung.

Durch chromatographische Analyse an Aluminiumoxyd (Aktivität II—III[2]) wurden aus der Ketonfraktion ungefähr 3% an unwirksamem Δ^4-Cholestenon-(3) abgetrennt: Smp. 80—81°, $[\alpha]_D^{25} = +81°$. Absorptionsmaximum bei 244 mμ, log $\varepsilon = 4{,}25$ (in Alkohol), o-Tolylsemicarbazon Smp. 230—231°. Wie bei anderen ähnlichen Cholesterin-Umwandlungsprodukten[3] kann man auch hier nicht entscheiden, ob es sich um ein genuines oder um ein aus Cholesterin während der Verarbeitung entstandenes Produkt handelt.

Die Anreicherung des androgenen Wirkstoffs gelang durch Behandlung der restlichen öligen Ketone mit Digitonin und nochmalige chromatographische Analyse der mit Digitonin nicht gefällten Anteile an Aluminiumoxyd (Aktivität II—III). Nach der Abtrennung der mit Benzol eluierbaren Fraktion, befanden sich die Androgene in den mit Äther eluierten Anteilen. In 1,5 mg des auf diese Weise erhaltenen Konzentrates war 1 H.K.E. enthalten. Erfahrungsgemäß werden unter den angewandten Versuchsbedingungen solche Steroide mit Äther eluiert, die wenigstens eine Hydroxyl-Gruppe besitzen.

Der angereicherte androgene Wirkstoff war empfindlich gegenüber Alkalien. Durch 4stündiges Kochen mit 3,5proz. methanolischer Kalilauge ging die Wirksamkeit des Konzentrates auf die Hälfte zurück[4].

Zusammenfassend läßt sich der von uns im H.V.L. nachgewiesene androgene Wirkstoff als ein lipoidlösliches, mit Digitonin nicht fällbares Keton oder ein Gemisch von Ketonen charakterisieren. Diese Eigenschaften sowie das Verhalten beim Chromatographieren und die Empfindlichkeit gegenüber Alkalien weisen auf eine Ähnlichkeit oder sogar Identität mit dem androgenen Wirkstoff aus Testes, dem Testosteron, hin.

Die Versuche zur Isolierung des reinen Wirkstoffes werden fortgesetzt.

Aus dem Rückstand der Molekular-Destillation (132,5 g), welcher hauptsächlich aus Fetten und Cholesterin-estern bestand, wurden nach der Verseifung mit methanolischer Kalilauge 42,3 g unverseifbare Anteile erhalten. Daraus ließ sich auf dem früher beschriebenen Wege[5,6] neben Cholesterin analysenreiner Chimylalkohol (*d*-α-Hexadecyl-glyceryl-äther) isolieren: Smp. 63,5—64°, $[\alpha]_D^{16} = +3{,}7° (\pm 0{,}5°)$ ($c = 2{,}0$ in Chloroform), (Diphenylurethan) Smp. 98—98,5°. Der H.V.L. ist das dritte Säugetierorgan, in welchem der Chimyl-alkohol gefunden wurde.

Der ROCKEFELLER FOUNDATION in New York und der CIBA A.G. in Basel danken wir für die Unterstützung.

V. PRELOG und H. C. BEYERMAN

Organisch-chemisches Laboratorium der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich, den 24. April 1945.

[1] 9. Mitt. Untersuchungen über Organextrakte; 8. Mitt. vgl. Helv. chim. acta *28* im Druck.

[2] Als androgene Wirkstoffe bezeichnen wir solche Verbindungen, welche im Kapaunenkamm-Test wirksam sind.

[3] Vgl. z. B. F. C. KOCH, Physiological Reviews *17*, 203 (1937).

[4] Journ. Am. Chem. Soc. *63*, 1031 (1941).

[5] Die Operation wurde zur Vermeidung der Oxydation der empfindlichen Inhaltsstoffe durch Luftsauerstoff in reinem Stickstoff durchgeführt.

[6] A. GIRARD und G. SANDULESCO, Helv. chim. acta *19*, 1095 (1936).

[7] 1 internationale H.K.E. (Hahnenkamm-Einheit) = 100γ Androsteron = 15γ Testosteron.

[8] Für die Durchführung der biologischen Auswertung, welche nach dem Verfahren von FUSSGÄNGER durchgeführt wurde, danken wir der biologischen Abteilung der CIBA A.G. in Basel.

[1] Vgl. darüber F. C. KOCH, Physiological Reviews *17*, 165 (1937).

[2] H. BROCKMANN und H. SCHODDER, Ber. deutsch. chem. Gesell. *74*, 73 (1941).

[3] Vgl. darüber V. PRELOG, L. RUZICKA und P. STEIN, Helv. chim. acta *26*, 2224 (1943).

[4] Über die Empfindlichkeit der natürlichen androgenen Wirkstoffe gegenüber Alkalien vgl. T. F. GALLAGHER und F. C. KOCH, Journ. Biol. Chem. *104*, 611 (1934).

[5] V. PRELOG, L. RUZICKA und F. STEINMANN, Helv. chim. acta *27*, 674 (1944).

[6] V. PRELOG und H. C. BEYERMAN, Helv. chim. acta *28*, 350 (1945).

Bücherbesprechungen - Compte-rendu des publications Resoconti delle pubblicazioni - Reviews

Proteins, Amino Acids and Peptides

as ions and dipolar ions (Eiweiße, Aminosäuren und Peptide, als Ionen und Zwitterionen).

Von EDWIN J. COHN und JOHN T. EDSALL, unter Mitarbeit von JOHN G. KIRKWOOD, HANS MUELLER, J. L. ONCLEY und GEORGE SCATCHARD. American Chemical Society Monograph Series. Reinhold Publishing Corporation. New York 1943 (686 S.).

Sir WILLIAM HARDY, JACQUES LOEB, THOMAS OSBORNE und S. P. L. SØRENSEN waren die Pioniere, die an die strenge Gültigkeit stöchiometrischer Gesetze und an die Einheitlichkeit der Reaktionen auch in der Chemie der Eiweißkörper geglaubt und durch ihre Arbeiten diese Betrachtungsweise vertieft und erweitert haben. Ihnen ist das neue große Werk der aus dieser besonderen Schule hervorgegangenen Autoren COHN und EDSALL gewidmet und wenn es heute noch notwendig sein sollte, den physikalisch-chemischen Standpunkt in der Eiweißchemie in seiner reinsten Fassung zu verteidigen, so ist es durch dieses bewundernswerte Buch in vollem Umfang geschehen.

DEBYE und HÜCKEL konnten bei der Ausarbeitung ihrer Theorie der starken Elektrolyte im Jahre 1923 nicht ahnen, daß gerade die Aminosäuren und Eiweiße das schönste und einfachste Beweismaterial für ihre Theorie liefern werden, und daß umgekehrt die physikalische Chemie der Eiweiße aus dieser Theorie große Anregungen schöpfen kann. Die gegenseitige Beeinflussung der Ionen entscheidet die Löslichkeitsverhältnisse und die Dissociation, die im isoelektrischen Zustand zur Bildung der Zwitterionen führt, eine Erkenntnis, die im gleichen Jahre (1923) von BJERRUM ausgesprochen wurde und heute zu einer geschlossenen Darstellung und Abrundung des ganzen großen Gebietes geführt hat.

In der organischen Chemie der niedermolekularen Stoffe ist die Ermittlung der atomaren Zusammensetzung und die Aufklärung der Konstitution die feste Grundlage der Kennzeichnung eines neuen Moleküles. Form und Größe ergeben sich sekundär aus der Festlegung der Formel. In der Eiweißchemie dagegen ist Form und Größe des Moleküles ausschlaggebend, und die Konstitution unsicher. Der Aufbau des Moleküles aus Aminosäuren ist zwar im allgemeinen bekannt, aber im besonderen doch noch recht unklar.

Das Buch von COHN und EDSALL beschäftigt sich daher vor allem mit den sehr sorgfältig erforschten physikalisch-chemischen Eigenschaften der Aminosäuren und Peptide und geht von dieser Grundlage an die Darstellung der Eigenschaften reiner Eiweiße heran.

Die Zwitterionen-Natur der isoelektrischen Aminosäuren und Peptide ist besonders deutlich aus den RAMAN-Spektren hervorgegangen, über deren theoretische Grundlage und Auswertung berichtet wird. Wie sich die vom Zwitterion auf das Lösungsmittel ausgeübte Elektrostriktion äußert und wie die elektrischen Momente die dielektrischen Eigenschaften verändern, wird an Hand der Dichteänderungen und der thermischen und elektrischen Beziehungen in einem sehr eingehenden theoretischen und ebenso interessanten experimentellen Teil, der sich vorwiegend mit der Löslichkeit und der Bestimmung der Aktivitätskoeffizienten beschäftigt, an Hand einer Fülle von Beispielen gezeigt.

Den Übergang zu den Eiweißen bilden Darstellungen über den enzymatischen Eiweiß-Abbau, die Ergebnisse der Röntgenanalysen und die Messungen des osmotischen Druckes und der elektrophoretischen Beweglichkeit. Die Form und Größenbestimmungen mit den Methoden der Ultracentrifuge werden mit allen Aspekten zur Ergänzung der Form- und Bau-Vorstellung vom Eiweißmolekül herangezogen. Auf diesen Grundlagen erhalten die Betrachtungen über das amphotere Verhalten, die Säure- und Basenbindung und die statistisch zu ermittelnden Größen, wie Viskosität und Strömungsdoppelbrechung eine besondere Bedeutung.

Durch das ganze Buch geht ein frischer Zug exakter Darstellung, der überall die Festlegung in Maß und Zahl sucht. Es ist daher nicht weiter verwunderlich, daß die wesentlichen Eigenschaften der Aminosäuren, Peptide und Eiweiße in einer großen Zahl von ganz hervorragend durchgearbeiteten Tabellen und Zusammenstellungen festgehalten sind. Dieses Tabellenwerk allein schon macht das Buch zu einem ganz unentbehrlichen Standardwerk. Der experimentelle und theoretische Teil, in dem die Beiträge von SCATCHARD, ONCLEY und MUELLER hervorstechen, macht es zu der bedeutendsten modernen Zusammenfassung auf dem Gebiet der Eiweißchemie und zu einem Markstein des Wissens auf diesem Gebiet.

A. v. MURALT

What is Life?

The physical Aspect of the Living cell. (Was ist Leben? Die physikalische Betrachtungsweise der lebenden Zelle.)

Von E. SCHRÖDINGER, Cambridge, University Press 1944 (91 S. mit 4 Tafeln und 12 Textfiguren).

«Ordnung aus Unordnung» nennt SCHRÖDINGER das Grundprinzip nach dem sich jeder lebende Organismus während der Dauer seines Lebens der allgemeinen Zunahme der Entropie in der Welt vorübergehend entzieht. Er kann das nur, indem er aus seiner Umgebung «Ordnung» bezieht, zum Beispiel durch die Aufnahme von Glukose-Molekülen, deren atomare «Ordnung» früher einmal aus Unordnung durch die Photosynthese unter Ausnützung der strahlenden Energie der Sonne entstanden ist. Durch die Aufnahme solcher in besonderer Weise «geordneter» organischer Moleküle und ihre Umsetzung im Stoffwechsel in weniger geordnete Systeme (Kohlensäure und Wasser zum Beispiel) nimmt in diesem Teilprozeß die Entropie zu und damit schafft sich das Leben die Möglichkeit, Ordnungsvorgänge, die für sich allein mit einer Abnahme der Entropie verbunden wären, doch ablaufen zu lassen, so daß im ganzen die Entropie gleichbleibt oder nur ganz wenig zunimmt.

«Ordnung aus Ordnung» nennt SCHRÖDINGER das neue Prinzip, durch welches sich der in den Chromosomen in Miniaturform niedergelegte Ordnungsplan auf den ganzen Organismus ausbreitet und damit stellt er die Grundfrage des ganzen Buches: gibt es in der Physik solche Gesetzmäßigkeiten, oder handelt es sich

hier um ein dem Leben besonders eigentümliches Organisationsprinzip? Der Autor bejaht die Frage in ihrem ersten Teil und führt den physikalischen Beweis dafür, ein überaus interessanter und anregender neuer Gedanke!

Die Permanenz des Ordnungsplanes in den Chromosomen wird durch die Größe derjenigen Moleküle, die Träger der Gene sind, gesichert. Wie diese Stabilität im besonderen erreicht wird, bildet den ersten Teil der gedanklichen Entwicklungen des theoretischen Physikers SCHRÖDINGER. Er verläßt damit sein eigentliches «Fach» und begibt sich auf neue Pfade. Seinen Überlegungen kommt aber ein besonderes Gewicht zu, denn er hat nicht nur durch seine wellenmechanischen Betrachtungen die Quantentheorie mit der sogenannten klassischen Strahlungsphysik in einen damals ganz neuen Zusammenhang gebracht, sondern auch auf biologischem Gebiet seinerzeit durch die Abklärung der Metrik des Farbraumes einen wesentlichen Beitrag zur physiologischen Frage des Farbensehens geliefert.

Das von DELBRÜCK entwickelte Modell für das Gen und die spontane Mutation wird als Grundlage genommen und SCHRÖDINGER zeigt, daß HEITLER-LONDON-Kräfte, welche die Atome im Gen binden, die Grundlage seiner Stabilität sein müssen.

Die Darstellung des Bildes vom Leben, wie es sich dem Physiker darstellt, ist so einfach und klar gehalten und durch sehr sorgfältig ausgesuchte Bilder in so übersichtlicher Weise dargestellt, daß der kleine Band von jedem Wissenschafter, dem die Grundfragen des Lebens am Herzen liegen, mit vollem Genuß gelesen werden kann.

A. v. MURALT

Informationen - Informations - Informazioni - Informations

Experientia vor (200) Jahren

Physik

1. Beim Versuch, mittels eines Nagels Elektrizität in eine Flasche zu leiten, entdeckt der Prälat G. E. VON KLEIST in Kamin (Pommern) am *10. Oktober 1745* die *Verstärkungsflasche*. Durch Abbé NOLLÉ wird dieser Flasche nach dem Physiker P. VAN MUSSCHENBROEK, der die Experimente wiederholte, der Name «*Leidener Flasche*» beigelegt.

2. HENRI MILES, Pfarrer in Tovring (Surrey) entdeckt von neuem die *Leitfähigkeit der Flamme für die Elektrizität*, die 1667 in Florenz erstmals beobachtet worden war (Acad. del Cimento).

3. Der Berliner Arzt NATHANAEL LIEBERKÜHN, der übrigens die KLEISTschen Versuche noch im gleichen Jahr der Akademie vorführte, trägt wesentlich zur *Verbesserung des* für naturhistorische Studien vielbenützten *Sonnenmikroskops* bei.

4. Die mit seinem ballistischen Pendel über den *Luftwiderstand* angestellten Experimente führen BENJAMIN ROBINS zur Erkenntnis, daß *das* dafür *von* NEWTON *aufgestellte Gesetz bei hoher Anfangsgeschwindigkeit* der abgeschossenen Körper *keine Gültigkeit* besitzt.

5. Im Verlauf der von der Pariser Akademie durchgeführten Gradmessung in Peru, zu der er von der Regierung abgeordnet ist, *beobachtet der spanische Physiker* und spätere General ANTONIO DE ULLOA am Kap Hoorn *als erster das Südlicht* (Aurora australis).

Mathematik

In Lausanne erscheint unter dem Titel «Commercium philosophicum et mathematicum» *der Briefwechsel zwischen* LEIBNIZ *und* JOH. BERNOULLI (I), der trotz der Verstümmelung mancher Stellen zur Entwicklung der Mathematik von 1692 bis 1716 eine einzigartige Dokumentensammlung darstellt.

Chemie

1. GUILLAUME FRANÇOIS ROUELLE in Paris stellt — über HELMONT und TACHENIUS hinaus — in umfassender Weise den *Begriff Salz* fest, das er endgültig als *Produkt der Vereinigung von Säure und Base* definiert.

2. Nach den Untersuchungen von JACOPO BARTOLOMMEO BECCARI ist das *Getreidemehl aus Stärkemehl und aus dem eiweißhaltigen Kleber* zusammengesetzt.

Biologie

1. Der Genfer Naturforscher CHARLES BONNET berichtet in seinem «Traité d'insectologie» erstmals zusammenhängend über seine *Entdeckung der parthenogenetischen Fortpflanzung* bei den Blattläusen, die ihm im Juni 1740 geglückt war. Ferner führt er die *Regenerationsstudien* seines Landsmannes ABRAHAM TREMBLEY fort.

2. In seiner klassischen Schrift «*De fabrica et actione villorum et intestinorum tenuium*» beschreibt der früh verstorbene NATH. LIEBERKÜHN (1711–1756) auf Grund minutiöser Injektionsversuche die mikroskopische Struktur und die Gefäßversorgung der Dünndarmzotten.

H. BUESS

Die schweizerische Akademie der medizinischen Wissenschaften

Die schweizerische Akademie der medizinischen Wissenschaften ist am 24. September 1943 in Basel gegründet worden. Es ist das große Verdienst von Prof. GIGON in Basel, auf die Berechtigung und Notwendigkeit einer solchen Institution für die Schweiz zuerst hingewiesen und für sie mit Begeisterung geworben zu haben. Die Akademie hat den Charakter einer Stiftung, deren rechtliche und finanzielle Grundlagen und Statuten von einem Arbeitsausschuß unter dem Präsidium von Prof. v. MURALT (Bern) durchberaten und von den medizinischen Fakultäten und der Verbindung der Schweizer Ärzte genehmigt wurden. Laut Stiftungsurkunde bildet die Akademie einen nationalen Forschungsrat, welcher alle medizinischen Kreise des Landes umfaßt und insbesondere folgende Zwecke verfolgen soll: Unterstützung medizinischer Forschungen in der Schweiz und von Schweizern im Ausland, weitere Ausbildung schweizerischer Forscher unter Heranziehung

nger Kräfte, Veranstaltung wissenschaftlicher Sitzungen, Pflege von Beziehungen mit den Vertretern der Wissenschaft im Auslande und den im Ausland tätigen Schweizer Ärzten, Herausgabe oder Unterstützung wissenschaftlicher Publikationen. Es sind dieselben Aufgaben, wie sie auf dem Gebiet der Naturwissenschaften schon seit langer Zeit von der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft erfüllt werden.

Die Akademie ist nach demokratischen Grundsätzen aufgebaut. Ihre Mitglieder (höchstens 40) bilden den Senat und werden von den medizinischen und veterinärmedizinischen Fakultäten und von der Verbindung der Schweizer Ärzte, zum Teil auch vom Senate selbst gewählt. Da die Amtsdauer vier Jahre beträgt und eine Wiederwahl nur für *eine* weitere Amtsperiode möglich ist, so ist für eine Auffrischung genügend gesorgt. Die Leitung der Geschäfte liegt dem aus sieben Senatsmitgliedern bestehenden Vorstand ob, welchem ein ständiges Generalsekretariat beigegeben ist. Sitz der Akademie ist Basel.

In den ersten eineinhalb Jahren ihres Bestehens hat die Akademie eine rege Tätigkeit entfaltet. Sie hat drei wissenschaftliche Sitzungen veranstaltet, in denen Vorträge aus den verschiedensten Gebieten der Medizin gehalten wurden, so daß also die Akademie die Verbindung zwischen den oft auseinanderstrebenden Spezialfächern der Medizin wieder herstellt. Ferner wurden zum Studium verschiedener wissenschaftlicher Fragen Arbeitskommissionen entweder von der Akademie eingesetzt oder ihr angegliedert, so eine Isotopenkommission, eine Kommission für Hirnforschung und das mit ähnlichen Zielen arbeitende «Groupement oto-neuro-ophtalmologique et neuro-chirurgical de Genève», eine Kommission für die Erforschung der Mangelkrankheiten bei Mensch und Tier, eine Tuberkulosekommission und eine solche für Erbbiologie des Menschen. Von einzelnen dieser Kommissionen liegen schon beachtliche Forschungsresultate vor. In Lausanne wurde unter dem Patronat der Akademie ein «Centre de collections de types microbiens» gegründet, welches die Sammlung, die Katalogisierung und den Austausch von Microben und Virusstämmen auf internationalem Gebiet vorsieht und unter der Leitung von Prof. HAUDUROY steht. Die Arbeit der Kommissionen und des genannten Centre in Lausanne wird mit großen finanziellen Beiträgen unterstützt, es wurden aber auch zahlreiche Gesuche einzelner Forscher um Unterstützung ihrer wissenschaftlichen Arbeiten berücksichtigt, so daß also die Akademie ihrer Aufgabe, zur Belebung und Förderung der medizinischen Forschung in der Schweiz beizutragen, schon in beträchtlichem Maße nachgekommen ist.

Als Publikationsorgan der Akademie wird ein Bulletin herausgegeben, das vor allem die in den wissenschaftlichen Sitzungen gehaltenen Vorträge veröffentlicht. Ferner ist der erste Band der Schweizerischen medizinischen Bibliographie fertiggestellt worden, der die gesamte schweizerische medizinische Literatur des Jahres 1943 nach Fächern gesondert enthält und auf diese Weise zum erstenmal dem In- und Ausland einen richtigen Begriff von dem Umfang des schweizerischen medizinischen Schaffens vermittelt. Der Akademie ist auch eine Bibliothek angegliedert, welche sich durch Schenkungen und Austausch allmählich äufnen soll.

Ihre besondere Aufmerksamkeit hat die Akademie im vergangenen Jahre den schweizerischen medizinischen Zeitschriften zugewandt, von denen viele durch die gegenwärtigen Zeitumstände und vor allem durch die Abschneidung vom Auslande in eine Notlage geraten sind, während sich bei andern eine Umgestaltung aufdrängte. Die Akademie hat hier die Situation nicht bloß eingehend beraten, sondern auch eine Anzahl von Zeitschriften durch finanzielle Beiträge gestützt, so daß zu hoffen ist, sie werden sich nicht bloß halten, sondern auch weiter entwickeln können und damit zum Ansehen des schweizerischen Schrifttums im Ausland beitragen.

Endlich sei noch erwähnt, daß die Akademie auch auf die Zusammenarbeit mit den Behörden Wert legt, indem sie sich dem Eidgenössischen Gesundheitsamt zur Begutachtung von Fragen der öffentlichen Hygiene zur Verfügung stellt. Im vergangenen Jahr hat sie zum Beispiel ein Gutachten über die Frage der Einführung des Obligatoriums der Pockenschutzimpfung für die ganze Schweiz abgegeben.

Über die der Akademie angegliederte Stipendienstiftung orientiert ein besonderer Bericht ihres Präsidenten Prof. Dr. VON MURALT. Jedenfalls darf gesagt werden, daß die Akademie in ihrer vielseitigen Arbeit das eine Ziel fest im Auge hat: die schweizerische medizinische Wissenschaft nach Möglichkeit zu fördern und damit zum Wohle und zum Ansehen unseres Landes und seines Ärztestandes beizutragen.

K. WEGELIN, Präsident der Akademie

Schweizerische Akademie der medizinischen Wissenschaften

Stiftung für biologisch-medizinische Stipendien

Am 8. Mai 1942 wurde in Bern in der Aula der Universität die Stiftung für biologisch-medizinische Stipendien in feierlicher Weise begründet. Der Gedanke, dem akademischen Nachwuchs in der Schweiz durch Ausrichtung von Stipendien, vor allem an jüngere Wissenschafter einen fördernden Anstoß zu geben, ist aus Beobachtungen während eines neunjährigen Aufenthaltes im Ausland entstanden. Ich hatte Gelegenheit, belgische, deutsche, englische, italienische, spanische, skandinavische und ungarische Stipendiaten an der Arbeit zu sehen und dabei wurde mir die Bedeutung solcher Stipendien nicht nur für den Nachwuchs, sondern auch für das wissenschaftliche Ansehen des Landes, welches seine Stipendiaten in die Welt hinausschickt und durch diese Leute seine eigenen wissenschaftlichen Leistungen bekannt macht, eindrücklich vor Augen geführt. Für diesen Gedanken und den Wunsch, die Ausbildung unserer schweizerischen Wissenschafter zu vertiefen und auch finanziell zu fördern, bestand in den Kreisen der chemischen Industrie nicht nur großzügiges Verständnis, sondern auch aktive Bereitschaft zur Realisierung. Aber auch die Verbindung der Schweizer Ärzte hatte die Bedeutung einer solchen Stiftung für unsere ärztliche Ausbildung sofort erkannt und schloß sich den Gründern an, so daß bei der Gründung, die im Rahmen der Schweizerischen Medizinischen Akademie erfolgte, 17 jährliche Stipendien bereit standen, eine Zahl, die unserem kleinen Lande entspricht und ihm Ehre macht.

Heute stehen wir schon im dritten Betriebsjahr der Stiftung. 17 Stipendiaten arbeiten an den verschiedensten Kliniken und Laboratorien unseres Landes und hoffen, daß bald der Augenblick kommt, wo auch sie ins Ausland reisen können, um ihre Ausbildung und ihren wissenschaftlichen Gesichtskreis zu erweitern. Bis jetzt konnte die Stiftung nur einen Stipendiaten nach Schweden entsenden, während Pläne zu Reisen nach England,

USA. und Südamerika zwar gemacht sind, aber noch nicht realisiert werden konnten.

In den Kriegsjahren beschränkten sich die Reisen der übrigen Stipendiaten auf die Schweiz. Der durch diese Verschiebungen entstandene Austausch von Mitarbeitern in den Laboratorien hat aber auch in unserem Lande viel Gutes gebracht und zu mancher Annäherung zwischen den Universitäten geführt und den Stipendiaten Einblicke in neue Arbeitsrichtungen ermöglicht.

Neben rein experimentellen Arbeiten, die alle Gebiete der Biologie und Medizin umfassen, sollen auch Reisen an besonders spezialisierte Kliniken des Auslandes durch Stipendien ermöglicht werden. Für experimentelle Arbeiten wird mit einer Dauer von zwei bis drei Jahren für das Stipendium gerechnet, für Ausbildungsreisen dagegen mit sechs Monaten bis einem Jahr. Während dieser Zeit soll der Stipendiat sich frei und unbelastet entwickeln können.

Für die Erlangung eines Stipendiums wurde der Weg über die Patenschaft durch zwei Hochschuldozenten oder Vorstände wissenschaftlicher Laboratorien gewählt. Eine direkte Bewerbung durch die Gesuchsteller wird nicht angenommen. Die Stiftung möchte damit die Verantwortlichkeit für den akademischen Nachwuchs den Paten überlassen und in dieser Weise ihr Interesse an der Heranziehung geeigneter junger Kräfte fördern. Gleichzeitig ist das Prinzip der Verteilung der Verantwortung für den Erfolg des Stipendiums eine Sicherung für die Stiftung.

Am 28. Oktober 1944 ist in Basel nach dem Vorbild der biologisch-medizinischen Stipendienstiftung eine zweite, ähnliche Stiftung für Stipendien auf allen Gebieten der Chemie entstanden, so daß wir heute in der Schweiz auf naturwissenschaftlich-medizinischem Gebiet mit Stolz auf die aktive Förderung des Nachwuchses hinweisen dürfen. Eine Aktion zur Ausrichtung von Stipendien für junge Mathematiker und Physiker ist auf gutem Wege und dürfte in nächster Zeit realisiert werden. Mit dieser Aktion stehen 50 Stipendien bereit, so daß alle Disziplinen der exakten Wissenschaften die Möglichkeit haben, für den Nachwuchs zu sorgen.

Diese Gründungen während der Kriegszeit sind für unser Land ehrenvoll. Wir wollen aber nicht vergessen, daß sie möglich waren, weil wir vom Krieg verschont geblieben sind. Wir empfinden dieses uns zugefallene Glück als Verpflichtung zu vermehrter Hilfsbereitschaft und Arbeit, und wenn in diesem Bestreben die schweizerische Wissenschaft und unser akademischer Nachwuchs einen kleinen Beitrag zum Aufbau leisten kann, dann geschieht es im Dienste der uns zufallenden Aufgabe, im europäischen Leben die Vermittler zu sein.

A. v. MURALT, Präsident der Stiftung

Corrigenda

Betrifft vorläufige Mitteilung «Erste klinische Prüfungsergebnisse der Dehydro-doisynolsäure» (R. WENNER und C. A. JOËL) aus Vol. I, Nr. 1 der Experientia.

Die Autoren teilen am 21. April 1945 mit, daß es auf Seite 24 heißen sollte:

«Es gelang bei Kastratinnen mit 13 mg und 15 mg Dehydro-Doisynolsäure, an Stelle von 10 mg, histologisch verifizierte Proliferationsphasen zu erzeugen.»